

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-099815

(43)Date of publication of application : 21.04.1998

(51)Int.Cl. B09B 3/00
 B01D 53/70
 B09B 5/00
 C22B 1/00
 C22B 7/00

(21)Application number : 08-259201

(71)Applicant : TOSHIBA CORP
 OGIHARA EKOROJII KK

(22)Date of filing : 30.09.1996

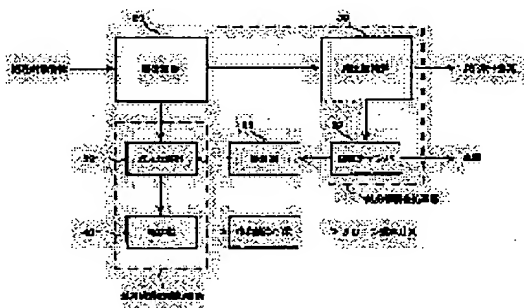
(72)Inventor : TEJIMA KOICHI
 TODOROKI TOMOHIRO
 OYASATO NAOHIKO
 FURUYA TOMIAKI
 YOKOYAMA YOSHIAKI
 OGIWARA HIDEHISA
 OGIWARA KAICHIRO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR TREATMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enable a process in which resin components and metal are separated effectively by a method in which an object containing resin and metal is heat-decomposed at the first temperature, exhaust substances are modified at the second temperature, the modified substances are cooled rapidly, and the residue produced by the heat decomposition is heated under reduced pressure to vaporize the metal.

SOLUTION: A heat decomposition furnace 20 for heat-decomposing an object containing resin and metal at the first temperature is provided. The exhaust gas generated by the heat decomposition is modified at the second temperature by a gas decomposition apparatus 30, and the modified gas is cooled rapidly to the third temperature by a cooling column 40. Besides, the residue etc., produced by the heat decomposition are heated under reduced pressure by a reduced pressure heating furnace 50, and vaporized metal from the residue is condensed by a recovery chamber 60. In the furnace 20, temperature and oxygen concentration conditions are adjusted to minimize the oxidation of the metal contained in the object and to prevent chlorine in organic compounds from being converted into inorganic compounds by the heat decomposition of the resin.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-99815

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月21日

(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

B 0 9 B 3/00

B 0 9 B 3/00

3 0 2 E

B 0 1 D 53/70

C 2 2 B 1/00

B 0 9 B 5/00

Z A B

7/00

F

C 2 2 B 1/00

B 0 1 D 53/34

1 3 4 E

7/00

B 0 9 B 5/00

Z A B M

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 45 頁)

(21) 出願番号

特願平8-259201

(22) 出願日

平成8年(1996) 9月30日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(71) 出願人 595117297

オギハラ・エコロジー株式会社

群馬県太田市南矢島町891番地の1

(72) 発明者 手島 光一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 轟木 朋浩

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 弁理士 須山 佐一

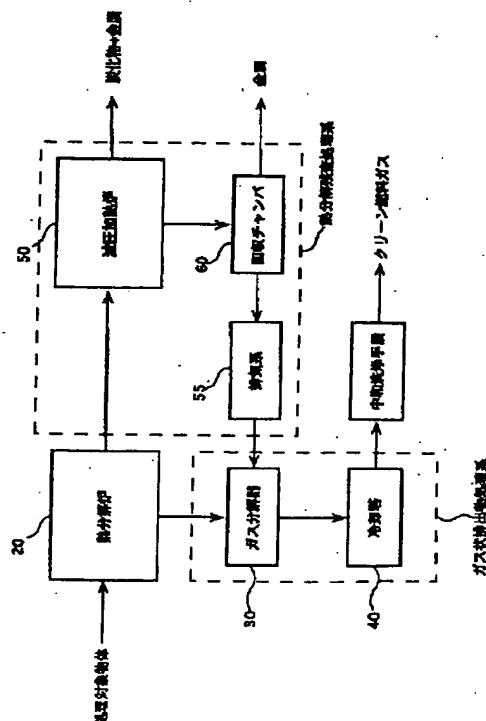
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 処理装置および処理方法

(57) 【要約】

【課題】 樹脂と金属とを有する物体を安全かつ効果的に処理する処理装置および処理方法を提供する。

【解決手段】 樹脂と金属とを構成材として有する処理対象物体は熱分解炉20で熱分解され、ガス状排出物と熱分解残渣とに分離して処理される。ガス状排出物処理系は、ダイオキシンが分解するような高温(1200℃)でガスを分解するガス分解器30と、このガスをダイオキシンが再合成しないよう短時間で急冷(35℃)する冷却塔40とを備える。熱分解残渣処理系は、この残渣を減圧加熱して残渣に含まれる金属を気化させる減圧加熱炉50と、気化した金属を凝縮して回収する回収チャンバ60とを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 樹脂と金属とを含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解手段と、

前記熱分解手段に接続して配設され、前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質手段と、

前記改質手段と接続して配設され、第2の温度で改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段と、

前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱手段と、

前記残渣から気化した金属を凝縮する凝縮手段とを具備したことを特徴とする処理装置。

【請求項2】 樹脂と金属とを含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解手段と、

前記熱分解手段に接続して配設され、前記物体から生じたガス状排出物を第1の温度より高い第2の温度で熱分解する第2の熱分解手段と、

前記熱分解手段と接続して配設され、第2の温度で熱分解された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段と、

前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱手段と、

前記残渣から気化した金属を凝縮する凝縮手段とを具備したことを特徴とする処理装置。

【請求項3】 樹脂と金属とを含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解工程と、

前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質工程と、

改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却工程と、

前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱工程と、

前記残渣から気化した金属を凝縮する凝縮工程とを具備したことを特徴とする処理方法。

【請求項4】 樹脂と金属とを含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解工程と、

前記物体から生じたガス状排出物を第1の温度より高い第2の温度で熱分解する第2の熱分解工程と、

第2の温度で熱分解された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却工程と、

前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱手

段と、

前記残渣から気化した金属を凝縮する凝縮手段とを具備したことを特徴とする処理方法。

【請求項5】 樹脂と第1の金属と第2の金属を含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解工程と、前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質工程と、

第2の温度で改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段と、

前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる第1の金属が気化するとともに第2の金属が保持されるように減圧下で加熱する第1の減圧加熱工程と、前記残渣から気化した第1の金属を凝縮する凝縮工程と、

第1の金属を気化させた前記残渣に含まれる第2の金属が溶融するように減圧下で加熱する第2の減圧加熱工程とを具備したことを特徴とする処理方法。

【請求項6】 第2の減圧加熱工程は、第1の金属を気化させた前記残渣に含まれる第2の金属が溶融してその表面張力により凝集するように減圧下で加熱することを特徴とする請求項8に記載の処理方法。

【請求項7】 樹脂と金属を構成材の一部として有し、接合金属で接合された第1の部分と第2の部分とを有する物体前記接合金属を保持して熱分解する熱分解工程と、

前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質工程と、

改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却工程と、

前記物体の熱分解により生じた残渣を、前記接合金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱工程とを具備したことを特徴とする処理方法。

【請求項8】 前記冷却工程で冷却された前記ガス状排出物を中和する中和工程をさらに具備したことを特徴とする請求項3乃至請求項7のいずれかに記載の処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は処理装置および処理装置に関し、特に金属と樹脂を含有する物体の処理装置および処理方法に関する。

【0002】また、本発明は鉛などの有害金属と樹脂を含有する物体から処理する処理装置および処理方法に関する。また、本発明は金属、合金により接合された、金属と樹脂とを含有する物体の接合を解除する処理装置および処理方法に関する。さらに本発明は、シュレグーダストなどの金属と樹脂を含有する物体を、ダイオキシンの発生を抑制しながらリサイクル処理する処理装置

および処理方法に関する。さらに本発明は、電子部品が実装された回路基板などの物体を、ダイオキシンの発生を抑制しながら電子部品と回路基板とを分離し、鉛などの有害金属、銅などの金属を回収する処理装置および処理方法に関する。

【0003】

【従来の技術】現代社会が抱える膨大な量の廃棄物は日々増え続けており、その効果的な処理技術の確立が急務である。

【0004】廃棄物中には様々な有用な物質も含まれているが、分離の困難さなどから廃棄物から分離されず、ほとんどの廃棄物はそのまま埋め立てや焼却により処分されている。廃棄物中の有用物質は、エネルギー問題や資源枯渇問題もあり、できるかぎり分離・回収して再利用することが求められている。

【0005】一方、廃棄物中には有害な物質も含まれており、このような有害物質は環境破壊の原因になるだけでなく、廃棄物の再利用を困難にしている大きな原因の一つである。したがって、廃棄物中の有害物質を効果的に取り除くことができれば、廃棄物を資源の宝庫として積極的に再利用することが可能になるとともに、環境や生物への影響も最小限にとどめることができる。

【0006】このように、有害物質による環境汚染、資源の枯渇、エネルギー源の不足といった現代社会を取り巻く深刻な問題を解決するために、廃棄物を効果的に処理する技術は是非とも確立されなければならない。

【0007】しかしながら、近年廃棄物の形態は複雑多岐にわたっており、複数の異なった素材が一体化した複合的な廃棄物も多く、さらに有害物質が含まれている廃棄物もある。このような複合廃棄物を資源として再利用するためには、複数の異なった素材が一体化した廃棄物から、有用な物質、有害な物質を選択的に分離・回収しなければならないが、このような処理技術は未だ確立されていない。

【0008】例えば、近年廃自動車の増加や自動車の構成素材の鉄がプラスチックなどの樹脂に代替されるにしがたい、シュレッダーダストの発生量は増加の一途をたどっている。このシュレッダーダストの安全で効果的な処理は困難であり、現在でもそのほとんどは埋め立てにより処分されている。ここでシュレッダーダストとは、廃自動車、廃家電製品等をシュレッダーで破碎し、有価物を回収する際に風力などにより分別される不要物の呼称であり、プラスチック、ゴム、ガラス、金属、繊維くず等からなる混合廃棄物をいう。

【0009】このようなシュレッダーダストには有機物とともに各種重金属なども比較的高い濃度で含まれていることが知られている。特に自動車由来のシュレッダーダストには廃家電製品由来のシュレッダーダストの10倍以上の鉛が含まれているという報告もある。また例えば、樹脂フィルムとアルミニウム箔を積層した樹脂被覆

アルミニウム箔は安価で加工性がよいことなどから、レトルト食品の包装容器など、食品や医薬品をはじめとして様々な包装容器に大量に用いられている。

【0010】また、樹脂フィルムと銅箔を積層した樹脂被覆銅箔も同じように大量に用いられており、特にいわゆる回路基板、フレキシブル基板、TABのフィルムキャリアをはじめとして電子機器の構成部品として大量に用いられている。

【0011】しかし使用後の樹脂被覆アルミニウム箔や樹脂被覆銅箔は、それらが複数の異なった素材から一体的に形成された複合的な廃棄物であることから効果的な処理技術が確立されていないのが現状である。

【0012】従来、シュレッダーダスト、電子部品が実装された廃回路基板、樹脂被覆アルミニウム箔や樹脂被覆銅箔などの廃棄物は、埋め立てや焼却、熔融凝固により処理されていたが、埋め立てはかさばること、場所の確保も困難であること等の問題があり、一方焼却は炉を痛めたり、アルミニウムや銅などが酸化物になってしまうという問題がある。

【0013】アルミニウムや銅の精練には大量の電力が使われており、せっかく金属に精練したアルミニウムや銅を焼却により再び酸化物にしてしまうのはエネルギーの浪費であり、金属状態のまま資源として再利用する技術が確立することが望まれている。

【0014】一方、例えば上述したシュレッダーダスト、電子機器の回路基板などの廃棄物は鉛などの有害物質を大量に含んでいる。従来から、各種電子機器のハンダ接続には融点が低く、酸化雰囲気中でもぬれ性がよいことなどから、鉛-錫系合金などのハンダ合金が多用されている。

【0015】ところで、鉛は強い毒性を有し、体内に摂取すると神経系や生殖機能を障害することから、鉛や鉛含有合金の取扱いについては規制がなされている。

【0016】また、最近の環境破壊に対する関心の高まりによって、鉛を含むハンダ合金を用いた電子機器、構成部品の廃棄物処理についても社会問題となっている。

【0017】すなわち、鉛を含むハンダ合金を大量に使用した廃電子機器などの複合廃棄物は、従来産業廃棄物や一般廃棄物と同様に主として埋め立て処理されることが一般的であった。

【0018】しかし、廃電子機器のような鉛などの有害物質を含む複合廃棄物を埋め立て処理した場合、降雨などにより鉛成分が溶出し、土壌や地下水を汚染し環境に深刻な打撃を与えてしまうという問題がある。特に酸性雨によりハンダ合金からの鉛の溶出量は急激に増大し、環境や生物に対し深刻な影響を及ぼすことが懸念されている。

【0019】このようなことから、例えばシュレッダーダスト、廃回路基板、はかなど、鉛などの有害物質を含む廃棄物を処理する際には、鉛などの有害を分離・回収

することが必要である。

【0020】しかしながら、現状では効果的に鉛を回収する技術が見出だされていない。

【0021】一方、鉛の回収コストが製品コストの増大を招く恐れがあることから、鉛を用いない鉛フリーハンダの開発が望まれており一部実用化されているが、性能、コストの面で未解決の問題点も多く、鉛を含むハンダ合金は現在も大量に用いられている。また、現在までに膨大な量の鉛を含む廃棄物が生じており、効率的で安全な処理技術が見出だされていないために、一部では大量に蓄積保管されているのが現状である。

【0022】また見方を変えれば、上述したシュレッターダスト、電子機器の回路基板などの複合廃棄物は有害物質を分離できれば資源の宝庫ともなる。いわゆる廃棄物は相対的価値判断によりそう呼ばれるものである。資源化技術を確認し、資源化に必要なコストを低減できれば廃棄物ではなくなる。

【0023】例えば回路基板にはIC、LSI、抵抗器、コンデンサ等の各種電子部品が搭載されているが、銅、ニッケル、アルミニウム、金、プラチナ、タンタル、タングステン、モリブデン、コバルト、クロムをはじめ有用な金属、そして樹脂が含まれており資源として枯渇が心配されているものも多い。

【0024】しかし電子部品は基板上に数多く搭載されており、また近年の高集積化にともなって接合箇所数は増大し接合ピッチはますます細くなる傾向にあるから、基板と電子部品とを分離することはかなり困難である。そして基板と電子部品は前述のようにハンダ合金で接合されており、有毒な鉛が用いられていることも、廃電子機器などの効果的処理を阻んでいる大きな原因である。

【0025】さらに、上述のような廃棄物、都市ゴミを焼却などにより処理する場合には、廃棄物の構成樹脂などから有害な有機物質が生成してしまうという問題がある。特にシュレッターダスト、廃回路基板などの構成材にハロゲン化合物が用いられている場合にはPCDDsやPCDFcなどのいわゆるダイオキシンが発生するという問題がある。また樹脂成分を燃焼させるときICや回路基板に含有されるデカブロ、三酸化Sbなどのよりダイオキシン等の有害物質が発生するという問題がある。ダイオキシンの毒性は極めて高く、例えば2, 3, 7, 8-T, CDDでの猿の半数致死量(LD50)はわずか70μg/Kgである。

【0026】例えば塩化ビニール、難燃性プラスチック、防腐処理した木材を焼却処理すると、ハロゲンガスが発生し、極めて強い毒性を有するPCDDs(ポリ塩化ダイオキシン)やPCDFc(ポリ塩化ベンゾフラン)が発生する。このようなダイオキシンは電気集塵機内部でも生成することがわかっている。

【0027】一方、埋め立て処理はかさばること、場所

の確保も困難であること等の問題がある。また、腐食などにより処理対象物体中の重金属などの有害物質が溶出し、水質汚染や土壌汚染を引き起こすという問題がある。特に酸性雨により処理対象物体の構成金属溶出量は急激に増大し、環境や生物に対し深刻な影響を及ぼすことが懸念されている。

【0028】したがって、廃棄物などの処理対象物体を処理する際には、金属を埋め立てたり、焼却することなく資源として再利用するとともに、樹脂(紙、木材、ゴムなどを含む)についてはダイオキシンの発生を抑制する処理技術を確認することが望まれている。

【0029】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような問題を解決するためになされたものである。すなわち本発明は金属と樹脂とを構成材として有する物体を効果的、経済的に、かつ安全に処理できる処理装置及び処理方法を提供することを目的とする。

【0030】また本発明は金属と樹脂とを構成材として有する物体を効果的、経済的に、ダイオキシンが発生しないように処理できる処理装置及び処理方法を提供することを目的とする。本発明は樹脂、鉛を含む物体から鉛を分離・回収することができる処理装置及び処理方法を提供することを目的とする。また、本発明は合金により接合された物体の接合を解除することができる処理方法を提供することを目的とする。また、本発明は鉛を含む合金により接合された樹脂を構成材として有する物体の接合を解除するとともに、樹脂成分もリサイクルすることができる処理装置及び処理方法を提供することを目的とする。また、本発明は樹脂と金属とを構成材として有する物体から、樹脂成分と金属とを効果的に分離、回収することができる処理装置及び処理方法を提供することを目的とする。

【0031】また、本発明は樹脂と複数の金属とが一体化した物体から樹脂成分と金属とを効果的に分離するとともに、樹脂と複数の金属とをそれぞれ分離回収することができる処理装置及び処理方法を提供することを目的とする。さらに本発明は、シュレッターダストなどの金属と樹脂を含有する物体を、ダイオキシンの発生を抑制しながら処理する処理装置および処理方法を提供することを目的とする。さらに本発明は、電子部品などが実装された回路基板などの物体を、ダイオキシンの発生を抑制しながら電子部品と回路基板とを分離し、鉛などの有害金属、銅などの金属を分離、回収する処理装置および処理方法を提供することを目的とする。

【0032】

【課題を解決するための手段】このような課題を解決するために、請求項1に記載の本発明の処理装置は、樹脂と金属とを含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解手段と、前記熱分解手段に接続して配設され、前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解

するような第2の温度で改質する改質手段と、前記改質手段と接続して配設され、第2の温度で改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段と、前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱手段と、前記残渣から気化した金属を凝縮する凝縮手段とを具備したことを特徴とする。

【0033】請求項2に記載の本発明の処理装置は、樹脂と金属とを含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解手段と、前記熱分解手段に接続して配設され、前記物体から生じたガス状排出物を第1の温度より高い第2の温度で熱分解する第2の熱分解手段と、前記熱分解手段と接続して配設され、第2の温度で熱分解された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段と、前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱手段と、前記残渣から気化した金属を凝縮する凝縮手段とを具備したことを特徴とする。

【0034】また本発明の処理装置は、樹脂と第1の金属と第2の金属を含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解手段と、第1の熱分解手段に接続して配設され、前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質手段と、前記改質手段と接続して配設され、第2の温度で改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段と、前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる第1の金属が気化するとともに第2の金属が保持されるように減圧下で加熱する第1の減圧加熱手段と、第1の減圧加熱手段に接続して配設され、前記残渣から気化した第1の金属を凝縮する凝縮手段と、第1の金属を気化させた前記残渣に含まれる第2の金属が溶融するように減圧下で加熱する第2の減圧加熱手段とを具備するようにしてもよい。

【0035】また、本発明の処理装置の第2の減圧加熱手段は、第1の金属を気化させた前記残渣に含まれる第2の金属が溶融してその表面張力により凝集するように減圧下で加熱するようにしてもよい。

【0036】また本発明の処理装置は、樹脂と金属を構成材の一部として有し、接合金属で接合された第1の部分と第2の部分とを有する物体を前記接合金属を保持して熱分解する熱分解手段と、前記熱分解手段に接続して配設され、前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質手段と、前記改質手段と接続して配設され、改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段と、前記物体の熱分解により生じた残渣を、前記

接合金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱手段とを具備するようにしてもよい。

【0037】このような本発明の処理装置の熱分解手段は酸素濃度を制御するなどして非酸化雰囲気ないしは還元性雰囲気中で行うようにすればよい。また前記冷却手段は、第3の温度までをできるかぎり短時間で、好ましくは約10秒以内に冷却するようにすればよい。また、本発明の処理装置は、前記冷却手段と接続して配設され、冷却された前記ガス状排出物を中和する中和手段をさらに具備するようにしてもよい。

【0038】請求項3に記載の本発明の処理方法は、樹脂と金属とを含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解工程と、前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質工程と、改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却工程と、前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱工程と、前記残渣から気化した金属を凝縮する凝縮工程とを具備したことを特徴とする。

【0039】請求項4に記載の本発明の処理方法は、樹脂と金属とを含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解工程と、前記物体から生じたガス状排出物を第1の温度より高い第2の温度で熱分解する第2の熱分解工程と、第2の温度で熱分解された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却工程と、前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱手段と、前記残渣から気化した金属を凝縮する凝縮手段とを具備したことを特徴とする。

【0040】請求項5に記載の本発明の処理方法は、樹脂と第1の金属と第2の金属を含有する物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解工程と、前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質工程と、第2の温度で改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段と、前記物体の熱分解により生じた残渣を、この残渣に含まれる第1の金属が気化するとともに第2の金属が保持されるように減圧下で加熱する第1の減圧加熱工程と、前記残渣から気化した第1の金属を凝縮する凝縮工程と、第1の金属を気化させた前記残渣に含まれる第2の金属が溶融するように減圧下で加熱する第2の減圧加熱工程とを具備したことを特徴とする。

【0041】請求項6に記載の本発明の処理方法は、第2の減圧加熱工程で、第1の金属を気化させた前記残渣に含まれる第2の金属が溶融してその表面張力により凝集するように減圧下で加熱することを特徴とする。

【0042】請求項7に記載の本発明の処理方法は、樹脂と金属を構成材の一部として有し、接合金属で接合された第1の部分と第2の部分とを有する物体前記接合金属を保持して熱分解する熱分解工程と、前記物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質する改質工程と、改質された前記ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、前記ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却工程と、前記物体の熱分解により生じた残渣を、前記接合金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱工程とを具備したことを特徴とする。

【0043】また、本発明の処理方法は、前記冷却手段で冷却された前記ガス状排出物を中和する中和工程をさらに具備するようにしてもよい。

【0044】前記熱分解工程は酸素濃度を制御するなどして非酸化雰囲気ないしは還元性雰囲気で行うようにすればよい。

【0045】また前記冷却工程は第3の温度までできるだけ短時間にできれば約10秒以内に冷却することが好ましい。

【0046】また、第1の温度は約250～約500℃に設定することが好適である。また、第2の温度は少なくとも約800℃より高い温度、より好ましくは少なくとも1000℃より高い温度、さらに好ましくは1200℃よりも高い温度に設定することが好適である。

【0047】また、第3の温度は少なくとも150℃より低い温度、より好ましくは少なくとも100℃より低い温度、さらに好ましくは35℃よりも低い温度に設定することが好適である。このように処理対象物体から排出させたガス状排出物をダイオキシンが分解するような高温で改質、熱分解し、この状態からダイオキシンが生成、再合成される温度領域での滞留時間をできるだけ短くして、ダイオキシンが生成、再合成されない第3の温度まで急冷することにより、ガス状排出物中のダイオキシン濃度が大きく低減される。また、第1の熱分解、第2の熱分解または改質を第1の温度と第2の温度の2段階で処理すると同時にこれらを還元性雰囲気で行うことにより、ダイオキシンの発生源濃度は大幅に低減される。

【0048】ここで、第2の温度はダイオキシンが分解するような温度であり、ダイオキシンだけでなくガス状排出物に含まれる他の化合物も分解されることになる。したがって本発明ではダイオキシンだけでなく、ハロゲン化炭化水素、PCBなども分解し、無害化することができる。

【0049】すなわち本発明は、樹脂と金属とを構成材として有する物体を処理するために、樹脂を分解する手段と、処理対象物体から生じたガス状排出物をさらに熱分解する手段と、このガスをダイオキシンが合成されないように急冷する冷却手段と、熱分解残渣から金属を減

圧下で気化、または液化して回収する手段とを備えたものである。ここで、樹脂は合成樹脂でもよいし天然樹脂でもよく、またこれらの混合物でもよい。またここで金属とは、特に説明しない場合には、処理対象物体に含まれる金属の総称であり、ある特定の金属元素に限ることではない。

【0050】第1の熱分解手段は、処理対象物体が酸素濃度制御下で熱分解されるような第1の温度で熱分解するものであり、例えばシュレッターダスト、廃回路基板などからガス状排出物を抽出する。ここでガス状排出物とは、基本的には排出ガスからなるが、この排出ガスに混入する固体状微粒子、液体状微粒子などを含む場合を排除しない。

【0051】第1の熱分解手段の第1の温度を調節する温度調節手段としては、加熱手段と温度測定手段を用いるようにすればよい。加熱手段としては、各種対流加熱、輻射加熱などを必要に応じて選択し、又は組合わせて用いるようにすればよい。例えばシーズヒーターなどの抵抗加熱を用いるようにしてもよいし、ガス、重油や軽油などをチャンバ外で燃焼させるようにしてもよい。さらに、処理対象物体の樹脂などから排出されるガスを改質、無害化、中和したうえで燃料ガスとして、第1の熱分解手段ははじめとする本発明の処理装置の熱源として再利用するようにしてもよい。また例えば上述のようにして得たクリーンな燃料ガスをガスタービン発電機に導入して電力に変換し、この電力により第1の熱分解手段をはじめとする本発明の処理装置の運転に用いるようにしてもよい。

【0052】温度測定手段としては各種温度センサを用いるようにすればよい。第1の温度は、処理対象物体の樹脂が熱分解するとともに、処理対象物体の金属ができるだけ酸化されないように設定するようにすればよいが、後述するように、ダイオキシンの発生源を多段階で絶つために、第1の熱分解手段を還元性条件に保つことが好適である。例えば、塩素を含む芳香族系炭化水素化合物を還元性条件下で熱分解することにより、この芳香族系炭化水素化合物の塩素はHCl等に分解される。したがってダイオキシンの発生が抑制される。

【0053】なお本発明では特に説明しないが、ポリ塩化ダイベンゾパラダイオキシン(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins: PCDDs)、ポリ塩化ダイベンゾフラン(Polychlorinated dibenzofurans: PCDFs)およびこれらの塩素数および置換位置の異なる同族体を総称してダイオキシンという。

【0054】したがって第1の熱分解手段は、処理対象物体に含まれる金属が実質的に酸化しないように、より好ましくは還元性雰囲気に保つことが好ましいから、温度調節手段と酸素濃度調節手段とを備えることが好適である。一般に処理対象物が複雑である場合には、処理中

に、処理対象物体が部分的に酸化されることがあり得るが、第1の熱分解手段が全体として還元性雰囲気に保持されればよい。

【0055】酸素濃度調節手段は例えば酸素濃度測定手段である酸素濃度センサとキャリアガス導入系とを用いるようにしてもよい。

【0056】酸素濃度センサは例えばジルコニア（酸化ジルコニウム）を採用したいわゆるジルコニアセンサを用いるようにしてもよいし、赤外分光法で例えばCOとCO₂の吸収を測定するようにしてもよい。さらに、GC-MSを用いるようにしてもよく、必要に応じて選択し、あるいは組合わせて用いるようにすればよい。

【0057】キャリアガスガスとしては例えばArなどの希ガスを用いるようにしてもよい。また、このキャリアガスにより、第1の熱分解手段内の酸素濃度が調節されるだけでなくガスを効率的に改質手段または第2の熱分解手段へ導くこともできる。さらに、圧力調節手段と兼ねるようにしてもよい。

【0058】また、第1の熱分解手段の前段にシュレッダーを設けるようにしてもよい。装置外部から持ち込まれた処理対象物体をシュレッダーで破碎、分別してから第1の熱分解手段に導入するようにしてもよいし、破碎せずに第1の熱分解手段に導入するようにしてもよい。処理対象物体が廃回路基板の場合には破碎せずに第1の熱分解手段に導入することが好適である。

【0059】処理対象物体が導入された第1の熱分解手段内は、処理対象物体中の金属の状態はできるだけ酸化されないように、また樹脂の熱分解に際して有機化合物と結合した塩素ができる限る無機化されるように、温度・酸素濃度条件を調節するようにすればよい。この温度、酸素濃度条件はあらかじめ設定しておくようにしてもよいし、温度や酸素濃度の測定値を加熱手段、酸素濃度調節手段などにフィードバックして制御するようにしてもよい。酸素濃度を測定する必要がある場合には例えばジルコニアセンサなどを用いるようにすればよい。

【0060】また第1の熱分解手段のチャンバ内の圧力を制御するようにしてもよい。例えば第1の熱分解手段内を減圧すると、酸素濃度も低下し加熱により処理対象物体が急激に酸化されることはない。また加熱により樹脂から大量の分解生成ガスが発生するが、一般的に樹脂は分解してもほとんど酸素を発生しない。さらに、樹脂の分解生成物も容易に気化される。

【0061】一方、減圧すると気密領域内の熱伝導率は低下する。しかし第1の熱分解手段内が非酸化雰囲気であれば、大気圧下または加圧下でも処理対象物体は酸化されない。したがって第1の熱分解手段内が非酸化雰囲気であれば、加圧が可能であり系内の熱伝導率が向上する。

【0062】ここで、処理対象物体から排出されたガス状排出物の処理を行うガス状排出物処理系について説明

する。ガス状排出物処理系は、第1の熱分解手段で処理対象物体から排出されたガス状排出物を処理するものであり、改質手段または第2の熱分解手段、冷却手段からその主要部が構成されている。冷却手段で処理したガス状排出物は必要に応じて中和、ろ過、洗浄等の後処理を行うことによりクリーンな燃料ガスとして利用される。

【0063】改質手段は、第1の加熱手段に接続して配設され、第1の熱分解手段内で処理対象物体から排出されたガス状排出物を、第1の温度よりも高い第2の温度で改質するものである。ここで改質とは、処理対象物体から排出されたガス状排出物に含有される炭化水素系化合物を、より低分子の水素、メタン、一酸化炭素などに変化させることをいう。また、水素化精製処理（*hydro reforming*）なども行うようにしてもよい。系内を還元性条件に保って改質することは前述のようにダイオキシンの発生源を断つという観点からも好適である。また、改質手段内が還元性雰囲気に保たれるならば、改質手段内に少量の空気を導入するようにしてもよい。改質手段としては熱改質手段だけでなく、これに加えて例えば触媒を用いる接触改質手段も備えるようにしてもよい。触媒としては、例えばシリカ・アルミナやゼオライト（アルミノケイ酸塩）などの固体酸にPt、Reなどの金属を担持させて用いるようにしてもよい。

【0064】また、改質手段に変えて、第1の熱分解手段と接続した、ガス状排出物を還元性雰囲気で熱分解する第2の熱分解手段を備えるようにしてもよい。

【0065】改質手段、第2の熱分解手段を第1の熱分解手段と分離することにより、第1の温度より高い第2の温度で処理対象物体からのガス状排出物を処理することができ、ガス状排出物の改質、塩素の無機化が効果的に行われる。

【0066】改質手段または第2の熱分解手段は、処理対象物体に直接的または間接的に由来するダイオキシンができるだけ分解するような条件を保つことが望ましい。例えば第2の温度を800℃程度に設定することによりかなりのダイオキシンを分解することができる。また第2の温度を1000℃以上、より好ましくは1200℃以上に設定することにより、さらに効果的にダイオキシンを分解することができる。この改質手段は、ダイオキシンが分解するような第2の温度で行われるから、この第2の温度でガス状排出物の熱分解も同時に生じることになる。

【0067】処理対象物体から排出されたガス状排出物に含有される炭化水素系化合物は、改質手段で改質されることにより、また第2の熱分解手段により熱分解されることにより低分子化され水素、メタン、一酸化炭素などに变化する。また、ガス状排出物にダイオキシンが含まれる場合にはこのダイオキシンの殆どは分解される。さらに、有機塩素は無機化され、ダイオキシンの再合成が抑制される。

【0068】改質手段または第2の熱分解手段は、例えばコークスを充填したチャンバ内に、第1の熱分解手段からのガス状排出物と、少量の空気とを導入することにより、還元性雰囲気かつダイオキシンが分解するような温度条件を形成するようにしてもよい。また、前述のように燃料ガスと空気とを燃焼させてチャンバをダイオキシンが分解するような温度に加熱し、このチャンバ内に第1の熱分解手段からのガス状排出物を導入するようにしてもよい。

【0069】またチャンバ内に例えば前述したような触媒などの接触分解手段を備えるようにしてもよい。

【0070】また、必要に応じて、改質手段または第2の熱分解手段に、系内の温度、酸素濃度を調節するための温度調節手段と酸素濃度測定手段を備えるようにしてもよい。酸素濃度調節手段としては前述のような酸素濃度センサとキャリアガス導入系とを用いるようにしてもよい。さらに、水素ガスリザバを接続するようにしてもよいし、Arなどの不活性ガスリザバを接続するようにしてもよい。

【0071】このように処理対象物体から排出されたガス状排出物に含有されるガス状排出物は改質手段または第2の熱分解手段により低分子化され、水素、メタン、一酸化炭素などに変化する。

【0072】第1の熱分解手段、改質手段または第2の熱分解手段、冷却手段はガス状排出物に塩素などが含まれるこの場合、塩素ガスによる容器、配管等の腐食が激しいので、装置は必要に応じてステンレス鋼のかわりにハステロイやチタン合金等を使用するようにしてもよい。

【0073】本発明の処理装置においては、改質手段または第2の熱分解手段と接続して配設され、第2の温度で改質または熱分解されたガス状排出物を、このガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、第3の温度まで急冷する急冷手段を備えている。

【0074】すなわち、改質手段または第2の熱分解手段において、第2の温度で改質または熱分解されたガス状排出物中のダイオキシン濃度は、第2の温度がダイオキシンが分解するような温度であること、この温度で分解、あるいは改質される炭化水素系化合物の塩素は還元性雰囲気によりされ無機化されることから極めて低いものである。したがって、この状態からのダイオキシンの生成、再合成が生じないように、ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加ができるかぎり抑制されるように第3の温度まで急冷するようにするのである。第3の温度は、ダイオキシンの生成反応が生じないような温度に設定すればよい。例えばダイオキシンが分解している状態のガス状排出物（改質手段または第2の熱分解手段における温度と同じでなくとも、ダイオキシンが分解するような温度であればよい）から150℃以下、好ましくは100℃以下、さらに好ましくは50℃以下に急冷する

ことによりダイオキシンの生成、再合成が抑制される。このときガス状排出物を第3の温度までできるだけ短時間で冷却することが好ましい。これは約200℃～約400℃ではダイオキシンが生成、再合成されやすいためであり、ガス状排出物を第3の温度まで急冷してダイオキシンが生成、再合成されやすい温度範囲に滞留する時間を短くすることにより、より効果的にガス状排出物中のダイオキシン濃度を抑制することができる。したがって冷却手段におけるガス状排出物の冷却は好ましくは約10秒程度以内で急冷することが好ましい。

【0075】このような冷却手段としては、ガス状排出物に水、冷却油などの冷媒を直接噴射して接触冷却するようにしてもよい。このときガス状排出物に石灰粉末などのアルカリ性粉末を噴射するようにすれば、ガス状排出物は中和される。また例えばガス状排出物中のHClは、石灰粉末と接触して固体表面に拡散されるからダイオキシンの生成、再合成を抑制することもできる。

【0076】上述したように第1の熱分解手段、改質手段または第2の熱分解手段、冷却手段により、処理対象物体からのガス状排出物は水素、メタン、一酸化炭素等に変化し、また、ガス状排出物中のダイオキシン濃度も大きく低減される。本発明においては処理対象物体の分解、処理対象物体からのガス状排出物の分解を第1の熱分解手段と、改質手段または第2の熱分解手段という複数段階で処理することにより、そして、このような分解手段を還元性条件に保つことにより、ダイオキシンの発生が抑制される。

【0077】冷却手段で冷却されたガス状排出物に、ハロゲン化物、SOx、NOxなどが含まれている場合には、洗浄手段、脱硫手段などによりガス状排出物の洗浄、脱硫を行うようにしてもよい。さらに活性炭を用いたフィルタ手段を備えるようにしてもよい。また、冷却手段で冷却されたガス状排出物を例えばバグフィルターなどの中和反応ろ過手段に導入するようにしてもよい。冷却手段と中和反応ろ過手段との間に、ドライベンチュリーなどにより消石灰、ろ過助剤（例えばゼオライト、活性炭などの空隙率の高い粒子）などをガス状排出物の気流に吹き込むようにしてもよい。

【0078】このように処理した、処理対象物体から排出されたガス状排出物は第1の熱分解手段の加熱の熱源として用いるようにしてもよいし、ガスタービン発電機に供給して電力を得るようにしてもよい。さらにこの電力を本発明の処理装置の熱源その他に用いるようにしてもよい。

【0079】つぎに、第1の熱分解手段で熱分解した処理対象物体の熱分解残渣の処理について説明する。

【0080】本発明の処理装置は、樹脂と金属とを構成材の一部として有する物体を処理するために、前述した樹脂を分解して回収する手段と、金属を分離、回収する手段とを備えたものであり、減圧加熱手段は、第1の熱

分解手段で熱分解した処理対象物体の残渣から金属を分離、回収する手段である。

【0081】第1の熱分解手段で処理対象物体の樹脂成分はほとんど分解し、前述のようにガス状排出物は処理される。また、第1の熱分解手段内は酸素濃度が制御されており、処理対象物体中の金属は実質的に酸化されることなく、またほとんど気化することなく処理対象物体に保持されている。一方、処理対象物体の樹脂の多くは熱分解の結果炭化物として残っている。本発明では第1の熱分解手段で処理した処理対象物体を第1の熱分解手段から減圧加熱手段へ移送する。

【0082】本発明の処理装置が備える減圧加熱手段は、第1の熱分解手段と開閉可能な隔壁によって隔てられた物体中の金属を選択的に気化する温度調節手段と圧力調節手段とを備えた第1の気密領域と、第1の気密領域に接続された物体から気化した金属を回収する第1の回収手段とを具備している。

【0083】温度調節手段としては、加熱手段と温度測定手段を用いるようにすればよい。加熱手段としては、各種対流加熱、輻射加熱などを必要に応じて選択し、又は組合わせて用いるようにすればよい。熱源はガス状排出物を処理して得た燃料ガスやこの燃料ガスで発電した電力を熱源として用いるようにしてもよい。例えばシーズヒーターなどの抵抗加熱を用いるようにしてもよいし、重油や軽油などを燃焼させるようにしてもよい。さらに誘導加熱手段を用いるようにしてもよい。温度測定手段としては各種温度センサを用いるようにすればよい。

【0084】第1の熱分解手段では処理対象物体中の金属がほとんど酸化したり気化しないような温度圧力条件で処理対象物体を熱分解し、主として気化（油化してから気化したものも含む）あるいは炭化する。そしてガス状排出物は前述のように改質手段または第2の熱分解手段で処理される。

【0085】衡状態が変化することがあり得る。例えばガス状排出物中に、処理対象物体の構成金属などが混入した場合には、冷却工程、バグフィルター、あるいは経路内に必要に応じてサイクロン分離手段などを備えて回収し、第1の熱分解手段の熱分解残渣とともに減圧加熱手段で処理するようにすればよい。

【0086】圧力調節手段としては、排気手段または加圧手段と圧力測定手段を用いるようにすればよい。排気手段は例えばロータリーポンプ、油拡散ポンプ、ブースターポンプなど各種真空ポンプを用いるようにすればよい。加圧手段としては例えばガスリザーバーから気体を系内に導入するようにしてもよい。圧力測定手段はブルドン管やピラニーゲージなどを測定する真空度などに応じて用いるようにすればよい。

【0087】また、第1の熱分解手段と減圧加熱手段の第1の気密領域との間に、第1の気密領域と接続してパ

ージ領域を設けるようにしてもよい。ページ領域には排気系または加圧系などの圧力調節手段、処理対象物体の予熱または冷却のための温度調節手段を設けるようにしてもよい。さらに、系内のガス置換のためのキャリアガス導入系を設けるようにしてもよく、このキャリアガス導入系は加圧系と兼ねるようにしてもよい。

【0088】処理対象物体は熱分解手段からページ領域を経て第1の気密領域に導入される。ページ領域を設けることにより、第1の気密領域への処理対象物体の導入の際に、第1の気密領域は装置外部から隔離される。また、第1の気密領域内を常に排気し減圧状態を保てるため真空ポンプの負担が軽減される。

【0089】減圧加熱手段は複数の気密領域を備えるようにしてもよい。例えば第1の気密領域と接続して第2の気密領域を備えるようにしてもよい。

【0090】また、第1の気密領域または第2の気密領域に隣接してページ領域を設けるようにしてもよい。処理対象物体は第1の気密領域または第2の気密領域からページ領域を経て装置外部へ取り出される。

【0091】第2の気密領域の後段にページ領域を設けることにより、処理対象物体を第1または第2の気密領域から取り出す際に、第1または第2の気密領域は装置外部から隔離される。したがって、第1または第2の気密領域内を常に排気し減圧状態を保てるため真空ポンプの負担が軽減される。また、加熱した処理対象物体の温度が、大気圧下でも酸化されない温度に冷却されるまで、物体を外気から遮断して保持することもできる。

【0092】すなわちページ領域は減圧加熱手段保全の観点からも処理対象物保全の観点からも、減圧加熱手段外部と第1および第2の気密領域とのバッファ領域として機能する。

【0093】この減圧加熱手段が備える第1の気密領域と第2の気密領域とは開閉可能な隔壁によって隔てられている。この隔壁はそれぞれの領域の気密性を保つとともに、それぞれの領域の断熱性を保つものである。例えば気密性を保つ真空扉と、断熱性を保つ断熱扉を組合わせて用いるようにしてもよい。第1のおよび第2の気密領域を、断熱扉—真空扉—断熱扉といった隔壁で隔てるようにすれば、それぞれの領域の気密性と断熱性が保たれる。このように真空扉と、この真空扉が隔てる領域との間に断熱扉を配設することにより、真空扉に大きな熱的負荷がかかる場合であっても真空扉を熱的負荷から保護することができる。この場合には第1および第2の気密領域の熱から真空扉が保護される。

【0094】このような隔壁は当然ながら減圧加熱手段外部とページ領域との間、ページ領域と第1の気密領域との間、第2の気密領域とページ領域との間にも配設されるが、それぞれどのような隔壁を配設するかは必要に応じて設計するようにすればよい。例えばページ室の熱的負荷が小さい場合には真空扉を配設するようにすれば

よい。

【0095】処理対象物体の熱分解残渣または処理対象物体のガス状排出物から分離された固体状排出物が導入された第1の気密領域内は、処理対象物体中の金属が気化するように温度圧力条件が調節される。この温度圧力条件はあらかじめ設定しておくようにしてもよいし、温度や圧力の測定値を加熱手段、圧力調節手段などにフィードバックして制御するようにしてもよい。第2の気密領域についても同様である。

【0096】処理対象物体が導入された第1の気密領域内は、処理対象物体中の金属が気化するように温度圧力条件が調節される。第1の気密領域内を減圧すると、処理対象物体中の金属は、常圧下よりも低い温度で蒸発する。また、酸素濃度も低下し第1の気密領域内は非酸化雰囲気になるから、気化した金属の金属状態は保たれる。

【0097】例えば、Znの760 Torrにおける沸点は1203Kであるが、1 Torrでの沸点は743K、 10^{-4} Torrでの沸点は533Kである。

【0098】また、例えばPbの760 Torr (1 atm)における沸点は2017Kであるが、 10^{-1} Torrでの沸点は1100K、 10^{-3} Torrでの沸点は900Kである。

【0099】このように第1の気密領域内で金属は温度圧力条件にしたがって選択的に気化する。

【0100】また、第1の気密領域に導入されたとき、処理対象物体の樹脂のほとんどは炭化物となっているから、処理対象物体から金属を気化させても分解生成ガスはほとんど発生しない。したがって気化した金属は金属状態のまま高い純度で回収され、また真空ポンプの負荷も軽減される。

【0101】凝縮手段は、このように第1の気密領域で気化した金属を凝縮させて回収するものである。

【0102】例えば第1の気密領域に排気系を有する回収チャンバを接続し、このチャンバ内で気化した金属を融点以下に冷却して凝縮させ回収するようにしてもよい。回収チャンバ内を例えば向流構造や螺旋構造にするようにしてもよい。あるいは回収チャンバと第1の気密領域との間、回収チャンバと排気系との間にバルブや開閉可能な隔壁を設けるようにしてもよい。すなわち処理対象物体から気化した金属が回収チャンバ内に導入されたら、回収チャンバを閉鎖して冷却し、金属を凝縮させて回収するようにしてもよい。

【0103】気化した金属を連続的に凝縮、回収する場合でも、バッチ処理で凝縮、回収する場合でも、回収チャンバ内の気化した金属の滞留時間が長くなれば回収効率は高まる。

【0104】また、第1の気密領域内に N_2 や希ガスをキャリアガスとして導入するようにしてもよい。気化した金属はキャリアガスにより回収チャンバに効率的に導

入される。

【0105】凝縮手段は複数系統備えるようにしてもよい。複数の凝縮手段で同じ金属を回収するようにしてもよいし、第1の気密領域内の温度と圧力を段階的に調節して複数の金属をそれぞれ選択的に気化させ、複数系統の凝縮手段を切り換えて回収するようにしてもよい。

【0106】また凝縮手段は多段に接続するようにしてもよい。

【0107】このように本発明の処理装置が備える減圧加熱手段は樹脂と金属とを構成材として有する物体を処理するものである。本発明の処理装置が備える減圧加熱手段は、処理対象物体の構成樹脂を分解する第1の熱分解手段を、処理対象物体の構成金属を気化する減圧加熱手段の前段に備えることにより、樹脂と金属とを構成材として有する物体の処理を可能にしたものである。熱分解手段内から排出される処理対象物体からのガス状排出物は、第1の熱分解手段に接続した改質手段または第2の熱分解手段、冷却手段により前述のようにしよりされる。したがって、減圧加熱手段で、金属が気化するような十分な加熱と減圧を行うことができる。また、第1の熱分解手段内では、処理対象物体の金属があまり酸化したり気化しないような条件で処理対象物体を分解するから、減圧加熱手段では金属は効果的に処理対象物体から分離回収される。

【0108】本発明の処理装置が備える減圧加熱手段は、処理対象物体から、この処理対象物体に含まれる金属を気化させる温度調節手段と圧力調節手段とを備えた第1の熱分解手段と、第1の気密領域と開閉可能な隔壁によって隔てられた処理対象物体中の金属を選択的に気化する温度調節手段と圧力調節手段とを備えた第2の気密領域と、第1の気密領域に接続され、処理対象物体から気化させた金属を凝縮させる凝縮手段と、第2の気密領域に接続され、処理対象物体から気化した金属を回収する第2の回収手段とを具備するようにしてもよい。

【0109】このように減圧加熱手段は、第1の熱分解手段の熱分解残渣などの処理対象物体などに含まれる金属を気化させる気密領域は複数備えるようにしてもよい。すなわち、第1の金属と第2の金属とを構成材として有する物体を処理する際に、第1の熱分解手段では第1および第2の金属があまり酸化されないように処理対象物体を熱分解する温度調節手段と酸素濃度調節手段とを備え、この第1の熱分解手段と開閉可能な隔壁によって隔てられた処理対象物体中の第1の金属を選択的に気化する温度調節手段と圧力調節手段とを備えた第1の気密領域と、第1の気密領域と開閉可能な隔壁によって隔てられた物体中の第2の金属を選択的に気化する温度調節手段と圧力調節手段とを備えた第2の気密領域と、第1の気密領域に接続された物体から気化した第1の金属を凝縮させる第1の凝縮手段と、第2の気密領域に接続

され、処理対象物体から気化した第2の金属を回収する第2の凝縮手段とを具備するようにしてもよい。この減圧加熱手段の特徴は、第2の気密領域を複数備えたことにある。第2の気密領域を複数備えることにより、物体中に含まれる複数の金属はそれぞれ選択的に気化され、凝縮回収される。

【0110】また本発明の処理装置が備える減圧加熱手段は、温度調節手段と圧力調節手段とを備えた1個の気密領域と、この気密容器に接続して配設された、処理対象物体中の第1の金属が選択的に気化するように気密容器内の温度と圧力とを調節したとき物体から気化した第1の金属を回収する第1の凝縮手段と、気密容器に接続して配設された、物体中の第2の金属が選択的に気化するように気密容器内の温度と圧力とを調節したとき物体から気化した第2の金属を回収する第2の凝縮手段とを具備するようにしてもよい。前述した減圧加熱手段が、気密容器内の温度、圧力、酸素濃度条件など条件の異なる複数の気密領域を備えたものであるのに対し、この減圧加熱手段は1つの気密容器内の条件に応じた複数の凝縮手段を備えた処理装置が備える減圧加熱手段である。

【0111】気密容器内の温度調節手段、すなわち処理対象物体の温度調節手段は、前述と同様加熱手段と温度センサを用いるようにすればよい。加熱についても対流、輻射など各種加熱手段を必要に応じて選択または組合わせて用いるようにしてもよい。圧力調節手段についても前述減圧加熱手段同様に、排気手段、加圧手段と圧力測定手段を用いるようにすればよい。排気手段は例えばロータリーポンプ、油拡散ポンプ、ブースターポンプなど各種真空ポンプを用いるようにすればよい。加圧手段としては例えばガスリザーバーから気体を系内に導入するようにしてもよい。圧力測定手段はブルドン管やピラニゲージなどを測定する真空度などに応じて用いるようにすればよい。凝縮手段についても前述同様に備えるようにすればよい。

【0112】また第1、第2の凝縮手段としては、例えば気密領域に排気系を有する回収チャンバを接続し、このチャンバ内で気化した金属を融点以下に冷却して凝縮させ回収するようにしてもよい。回収チャンバ内を例えば向流構造や螺旋構造にするようにしてもよい。あるいは回収チャンバと第1、第2の気密領域との間、回収チャンバと排気系との間にバルブや開閉可能な隔壁を設けるようにしてもよい。すなわち処理対象物体から気化した金属が回収チャンバ内に導入されたら、回収チャンバを閉鎖して冷却し、金属を凝縮させて回収するようにしてもよい。

【0113】例えば鉛が含まれる処理対象物体を減圧加熱手段に保持し、減圧加熱手段内の温度を調節する温度調節手段と、減圧加熱手段の圧力を調節する圧力調節手段と、減圧加熱手段内の温度と圧力とを処理対象物体中の鉛が選択的に気化するように温度調節手段と圧力調節

手段とを制御する制御手段と、減圧加熱手段に接続した、処理対象物体から気化した鉛を凝縮させる回収手段を具備するようにすれば、処理対象物体の熱分解残渣（ガス状排出物から分離された固体状、液体状成分を含む）から鉛を回収することができる。

【0114】この処理装置の減圧加熱手段は、処理対象物体を気密容器内に導入し、気密容器内の温度、圧力あるいは酸素濃度を調節して、処理対象物体中の鉛を選択的に気化させて、処理対象物体から分離、回収することにある。さらに鉛以外の金属についても、この金属が選択的に気化するような所定の温度、圧力条件に気密容器内を制御して、処理対象物体から分離、回収するようにしてもよい。

【0115】また、処理対象物体が鉛と樹脂とを含む場合であっても、第1の熱分解手段において、まず、鉛が気化したり、あまり酸化したりしないような条件で処理対象物体を熱分解することにより、樹脂部分を分解（ガス化、油化、炭化物化）し、ついで減圧加熱手段で鉛を選択的に気化させ、気化した鉛を金属状態で回収することができる。第1の熱分解手段で処理対象物体の構成樹脂を熱分解しておくことにより、処理対象物体中の鉛を積極的に回収することができる。

【0116】そして本発明の処理装置は、このような温度調節手段、圧力調節手段または酸素濃度調節手段を制御する制御手段を備えるようにしてもよい。この制御手段は例えば第1の熱分解手段内の温度、酸素濃度を、処理対象物体中の金属が酸化されないように保持しながら処理対象物体を熱分解するように、また、減圧加熱手段中の金属が選択的に気化するように制御するものである。この制御手段は気密領域の状態を、前述した温度センサ、圧力センサ、酸素濃度センサなどにより測定し、この測定値を加熱手段、排気系、加圧系、キャリアガス導入系などにフィードバックして気密容器内の状態を最適化するようにしてもよい。

【0117】そして、このような制御は減圧加熱手段の気密領域内の状態のパラメータを入力として、加熱手段、排気系、加圧系、キャリアガス導入系などを気密容器内の条件が最適化されるように操作する信号を出力とするような制御装置を備えるようにしてもよい。この制御回路はプログラムとして、制御装置の記憶手段内に格納するようにしてもよい。これらの制御手段は、第1の熱分解手段、改質手段、第2の熱分解手段、冷却手段などと統合して制御するようにしてもよい。

【0118】本発明の処理方法における熱分解工程は、処理対象物体を酸素濃度制御下で加熱して処理対象物体を熱分解する工程である。

【0119】プラスチックなどの樹脂は50℃程度から熔融などが始まり、180～500℃程度で分解し主としてC1～C16の炭化水素系ガスを排出する。これら樹脂などの熱分解によって生じたガス状排出物は前述

したようダイオキシンが発生しないように処理され、燃料ガスとしてリサイクルされる。

【0120】前述のようにこの処理対象物体の熱分解はチャンバ内の酸素濃度を調節した状態で行うことが好ましい。酸素濃度はArなどのキャリアガスを導入して調節するようにしてもよいし、第1の熱分解手段のチャンバ内の全圧により調節するようにしてもよい。

【0121】第1の熱分解工程で酸素濃度を調節し、系内を還元性雰囲気を保つことにより、鉛などの金属の酸化を防止することができ、ダイオキシンの発生を抑制することもできる。また、酸素濃度を全圧とは別に調節することにより、第1の熱分解手段内の熱伝導率を低下させずに金属の酸化を防止することができ、処理対象物体の熱分解効率、ガス状排出物の回収効率が向上する。場合によっては、Arなどのキャリアガスを導入して第1の熱分解手段を加圧して、樹脂を分解するようにしてもよい。

【0122】第1の熱分解手段では、処理対象物体中の樹脂は完全に熱分解することが好ましいが、減圧加熱手段での金属の分離、回収に悪影響を及ぼさない程度に分解することができればよい。処理対象物体中の水分や油分は熱分解工程で処理対象物体からほとんど除去されるため、金属を気化させる工程に悪影響を及ぼすことはない。

【0123】例えば鉛（金属）が760mmHgの蒸気圧を示すのは約1745℃であるが、酸化鉛ではより低い1472℃で760mmHgの蒸気圧を示す。したがって、第1の熱分解手段の酸素濃度を制御することにより、金属鉛が酸化鉛に酸化するのを抑制して鉛の飛散を防止し、減圧加熱手段でより積極的に鉛を回収することができる。

【0124】このように処理対象物体中の金属があまり酸化されないように維持しながら処理対象物体を熱分解したなら、この処理対象物体を、熱分解した処理対象物体に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱し、金属を処理対象物体中から分離、回収する。

【0125】処理対象物体中に複数の金属が含まれている場合には、蒸気圧の差により目的金属を選択的に気化させる。

【0126】例えば鉛が気化する温度はチャンバ内の圧力によって変化する。大気圧下では例えば1400℃に加熱した場合の鉛の蒸気圧は84mmHgであるのに対し鉄、銅、スズの蒸気圧は1mmHgにも達しない。したがって、処理対象物体を1400℃程度に加熱することにより処理対象物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。

【0127】また、大気圧下では例えば1740℃での鉛の蒸気圧は760mmHgであるのに対しスズの蒸気圧は15mmHg、銅の蒸気圧は3mmHgにも達しない。したがって、物体を1740℃程度に加熱すること

により物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。

【0128】また、気密容器内を減圧することによりさらに低い温度で処理対象物体中の金属を気化させることができる。

【0129】減圧加熱手段の気密領域内の圧力を 10^{-1} Torrに調節すれば、ほぼ1100K程度に加熱することにより、物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。また、気密領域内の圧力を 10^{-3} Torrに調節すれば、ほぼ900K程度に加熱することにより、物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。さらに、気密領域内の圧力を 10^{-4} Torrに調節すれば、ほぼ700K程度に加熱することにより、物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。このように選択的に発生させた鉛をはじめとする金属の蒸気は、その金属の融点以下に冷却した凝縮手段などで、金属として回収する。

【0130】このように処理対象物体から気化させた金属を凝縮、結晶化して回収する場合、装置内の蒸気鉛の滞留時間を長く設定することで回収率は高くなる。したがって凝縮手段の構造は向流構造あるいは螺旋構造にすることが好適である。

【0131】また、減圧加熱手段の気密領域から凝縮手段へN₂や、Arなどの希ガスをキャリアガスとして流すことにより、金属蒸気をより選択的に回収することができる。

【0132】第1の熱分解工程と、減圧加熱工程を連続的に行うようにすれば、投入エネルギーを大きく抑制することができる。すなわち、気体の熱伝導率は圧力低下にしたがって減少するから、減圧加熱工程で気密容器内を減圧するほど大きなエネルギーを投入する必要がある。本発明の処理装置、処理方法において、例えば第1の熱分解手段と減圧加熱手段とを処理対象物体の冷却を抑制するように接続し、第1の熱分解工程を金属を気化させる減圧加熱手段の予備加熱段階として用いるようにすれば、減圧加熱工程で投入するエネルギーを大きく節約することができる。また、第1の熱分解手段で加熱されている処理対象物体が大気中で酸化、燃焼するのを防止することもできる。例えば第1の熱分解手段と減圧加熱手段の気密領域とを、パージ室を介して接続するようにしてもよい。

【0133】また本発明の処理装置が備える減圧加熱手段は、金属で接合された第1の部分と第2の部分を有する処理対象物体を内部に保持する気密領域と、気密領域内の温度を調節する温度調節手段と、気密領域内の圧力を調節する圧力調節手段と、気密領域内の温度と圧力とを金属が気化するように温度調節手段と圧力調節手段とを制御する制御手段とを備えるようにしてもよい。

【0134】また、第1の金属と第2の金属とを有する合金で接合された第1の部分と第2の部分を有する処理

対象物体を内部に保持する気密領域と、気密領域内の温度を調節する温度調節手段と、気密領域内の圧力を調節する圧力調節手段と、気密領域内の温度と圧力とを合金が気化するように温度調節手段と圧力調節手段とを制御する制御手段とを具備するようにしてもよい。

【0135】例えばZn、Cd、Hg、Ga、In、Tl、Sn、Pb、Sb、Bi、AgまたはInのうち少なくとも1つの元素を第1の金属として処理対象物体から分離または回収するようにしてもよい。

【0136】また、気密領域内の温度、圧力、酸素濃度を調節することにより、これ以外の金属についても金属状態のまま分離、回収することができる(図13、図18、図19参照)。このことは特に述べない場合も、本発明の全ての部分を通じて同様である。

【0137】第1の熱分解手段で熱分解した第1の部分と第2の部分とを有する処理対象物体の熱分解残渣を減圧加熱手段の気密領域に導入してこの気密領域を密閉し、第1の部分と第2の部分とを有する処理対象物体とを接合している金属が気化するように気密領域内の温度と圧力とを調節するようにすればよい。

【0138】また接合金属が第1の金属と第2の金属とを有する合金である場合には、まず合金中の第1の金属が選択的に気化するように気密領域内の温度と圧力とを調節し、つぎに、合金中の第2の金属が気化するように気密領域内の温度と圧力とを調節するようにしてもよい。

【0139】例えば、第1の熱分解手段に、樹脂を構成材として有する基板と、この基板と第1の金属と第2の金属とを有する合金で接合された電子部品とからなる実装基板を導入し、合金の第1および第2の金属が気化しないように、かつ樹脂が熱分解するように第1の熱分解手段内の温度と酸素濃度とを制御する。そして実装基板の熱分解残渣を減圧加熱手段に導入して、合金中の第1の金属が選択的に気化するように減圧加熱手段の気密領域内の温度と圧力とを制御し、ついで合金中の第2の金属が気化するように気密領域内の温度と圧力とを制御するようにしてもよい。

【0140】このように本発明によれば、例えばプリント基板と各種電子部品とがPb-Snなどのハンダ合金などで接合された実装基板などのような、金属または合金で接合された部分を有する処理対象物体の接合を解除することができ、また、接合合金に例えば鉛などの有害金属が含まれている場合でも、処理対象物体からこれら金属を分離、回収することができる。

【0141】すなわち第1の熱分解手段で熱分解した処理対象物体を減圧加熱手段の気密領域内に導入し、気密領域内の温度、圧力、酸素濃度などを調節して、接合している金属または合金を気化させることにより、接合を解除することができる。気化した金属は回収するようにすればよい。

【0142】処理対象物体が樹脂を構成材として有する場合には、まず樹脂部分を第1の熱分解手段で加熱分解し、気化、油化、炭化する。この樹脂の分解は、第1の熱分解手段内の温度、酸素濃度を金属があまり酸化したり気化しないような条件に調節して行うようにすればよい。処理対象物体から金属が気化した場合でも、例えば冷却手段などで凝縮、回収して減圧加熱手段に導入するようにしてもよい。

【0143】ついで気密領域内の温度、圧力を調節して処理対象物体中の接合金属を選択的に気化させる。複数の金属(元素)が処理対象物体中に含まれる場合には、それぞれの金属に応じて気密領域内の温度、圧力を調節し、金属毎に選択的に気化するようにすればよい。

【0144】実装基板以外にも金属または合金で接合された処理対象物体であれば、その接合を解除することができる。

【0145】例えば、本発明の処理装置に破碎せずに実装基板を導入し、酸素濃度を調節しし鉛があまり酸化、気化しないような温度で熱分解(例えば450~500℃程度)して、実装基板の構成樹脂を分解する。そして熱分解した実装基板を減圧加熱手段に導入し、鉛が蒸発するように加熱して鉛を気化させ(例えば 10^{-3} Torrではほぼ900K)、同様にスズを気化させて、実装基板を電子部品と回路基板(電子部品を搭載する基板をここでは回路基板とよぶ)とに分離し、回収するようにしてもよい。

【0146】鉛などの金属が第1の熱分解手段で気化しても、ガス状排出物の処理系に金属の分離手段を設けるようにすればよい。

【0147】また、例えば、本発明の処理装置に実装基板を導入し、鉛を回収した後、さらに、例えば973K程度まで加熱して、Zn、Sbなどを気化させ回収するようにしてもよい。

【0148】さらに例えば1773K程度まで加熱して、Au、Pt、Pd、Ta、Ni、Cr、Cu、Al、Co、W、Moなどを気化させ回収するようにしてもよい。ハンダ合金はPb-Snに限ることはなく、例えばAg-Sn、Zn-Sn、In-Sn、Bi-Sn、Sn-Ag-Bi、Sn-Ag-Bi-Cuなどのような、いわゆるPbフリーハンダでもよい。また、これら以外の合金や、金属単体により接合されていてもよい。

【0149】また本発明によれば樹脂と金属とが一体化した処理対象物体を効果的に処理することができるすなわち、樹脂と金属とが一体化した処理対象物体を第1の熱分解手段へ導入し、まず樹脂部分を加熱分解し、気化、油化、炭化する。この樹脂の分解は、第1の熱分解手段の温度、酸素濃度あるいは圧力を金属があまり酸化したり気化しないような条件に調節して行うようにすればよい。

50 ばよい。

【0150】この操作のみでは未だ処理対象物体中から金属を分離することが困難な場合には、ついで減圧加熱手段に導入し、気密領域内の温度、圧力を調節して処理対象物体中の金属を選択的に気化させる。複数の金属（元素）が処理対象物体中に含まれる場合には、それぞれの金属に応じて気密領域内の温度、圧力を調節し、金属毎に選択的に気化するようにすればよい。このように、本発明装置および処理方法では、単に樹脂と金属とを有する処理対象物体だけでなく、樹脂と金属が一体化した処理対象物体も処理できる。このような樹脂と金属とを有する処理対象物体としては、例えば、レトルト食品などの包装容器などのプラスチックフィルムでラミネートされたアルミニウム箔や、樹脂と銅・ニッケルなどの金属が一体化したプリント基板、フレキシブル基板あるいはTABのフィルムキャリア、IC、LSI、抵抗器、あるいはシュレッターダストなどを1例としてあげることができる。

【0151】処理対象物体の構成金属が、全体として酸化したり気化したりしないようにするには、例えば、気密領域内の圧力を制御して廃棄物を加熱するようにしてもよいし、気密領域内の酸素濃度を制御して処理対象物体を加熱するようにしてもよい。酸素濃度を制御するには、気密領域内の全圧を調節することにより酸素分圧を調節するようにしてもよいし、窒素ガス、希ガスなどのガスを気密領域内に導入して系内の酸素濃度を調節するようにしてもよい。処理対象物体の加熱により樹脂部分の酸化が急速に進むと、すなわち燃えてしまうと、樹脂部分と一体化している金属部分も酸化されて酸化物となり利用価値が低下するだけでなく、前述のようにダイオキシンの発生につながるもので注意が必要である。

【0152】また金属部分が複数の金属からなっているような場合、さらに加熱し、元素ごとに選択的に蒸発させて回収するようにしてもよい。

【0153】処理対象物体の樹脂の分解生成ガスは凝縮させて回収するようにしてもよく、例えば油化装置などで回収するようにしてもよい。水素ガスは吸着させるなどして回収するようにすればよいし、またハロゲン化炭化水素などが発生する場合には、例えば触媒などを用いて分解するようにしてもよい。

【0154】また、樹脂がポリ塩化ビニル系の樹脂など塩素を含む場合には、例えば第1の熱分解手段と、改質手段または第2の熱分解手段との間、あるいは改質手段または第2の熱分解手段と冷却手段との間などのガス状排出物処理系で例えば高温に加熱した鉄と接触させハロゲン化鉄として回収するようにしてもよい。

【0155】処理の1例として例えば、各種包装容器などに用いられているプラスチックフィルムでラミネートされたアルミニウム箔（樹脂被覆アルミニウム箔という、以下、同じ）の処理について説明する。

【0156】第1の温度が400℃未満では樹脂部の炭

化・油化などの分解が不十分である。また、650℃以上に加熱するとアルミニウムは溶融してしまうので、第1の温度を約400～650℃に設定して熱分解することにより、樹脂部分は分解（気化、油化、炭化）し、アルミニウム箔は金属状態のまま回収される。

【0157】第1の熱分解手段内の圧力を 10^{-2} Torr程度以下に減圧し、あるいはArなどのガスを導入して酸素濃度を調節して熱分解すればさらに好適である。第1の温度も550～600℃に設定すればさらに好ましい。

【0158】また本発明は、樹脂と銅とが一体化した例えば回路基板などの処理対象物体を処理することもできる。例えば樹脂と銅とが積層された回路基板を第1の熱分解手段で熱分解し、樹脂成分を熱分解したのち減圧加熱手段に導入する。減圧下で回路基板の銅が溶融し、その表面張力で粒状に凝集するように熱分解残渣をさらに加熱する。そして、この処理対象物体をパージ室を介して減圧加熱手段から取り出すことにより、銅と炭化物との分離が容易になる。

【0159】

【発明の実施の形態】以下に本発明について図を参照しながらさらに詳細に説明する。

【0160】（実施形態1）図1は本発明の処理装置の1例を概略的に示す図である。図2は図1に例示した本発明の処理装置の構成を模式的に示す図である。

【0161】この処理装置10は、樹脂と金属とを含有する処理対象物体を第1の温度で熱分解する第1の熱分解手段である熱分解炉20と、この熱分解炉2と接続して配設され、処理対象物体から生じたガス状排出物をダイオキシンが分解するような第2の温度で改質または熱分解するガス分解器30と、ガス分解器30と接続して配設され、第2の温度で改質されたガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、ガス状排出物を第3の温度まで急冷する冷却手段である冷却塔40と、処理対象物体の熱分解により生じた残渣、ガス状排出物から分離された固形物などを、この残渣に含まれる金属が気化するように減圧下で加熱する減圧加熱炉50と、残渣から気化した金属を凝縮する回収チャンバ60とを具備したものである。

【0162】すなわち、本発明の処理装置は樹脂と金属とを含有する処理対象物体を熱分解炉に導入して熱分解し、処理対象物体から排出されたガス状排出物はガス分解器、冷却塔から主要部が構成されるガス状排出物処理系により処理して無害化、クリーンガス燃料化し、ガス状排出物を排出した処理対象物体の熱分解残渣は減圧加熱炉に導入して金属を分離回収するものである。

【0163】熱分解炉20は、処理対象物体が酸素濃度制御下で熱分解されるような第1の温度で熱分解するのであり、例えばシュレッターダスト、廃回路基板などからガス状排出物を抽出する。ここでガス状排出物と

は、基本的には排出ガスからなるが、この排出ガスに混入する固体状微粒子、液体状微粒子などを含む場合を排除しない。

【0164】図3は、熱分解炉20の構造の1例を模式的に示す図である。熱分解炉20は処理対象物体を熱分解する熱分解チャンバ21と、熱分解チャンバ21を加熱する燃焼チャンバ22とからなっており、燃料ガス配管23から導入した燃料ガスを燃焼室24で燃焼させ、この燃焼熱により熱分解チャンバ21内を加熱している。熱分解炉20には図示しない温度調節手段と酸素濃度調節手段が配設されており、熱分解チャンバ21内を第1の温度に保つとともに、熱分解が還元性雰囲気で行われるように酸素濃度を調節している。

【0165】熱分解炉20の第1の温度を調節する温度調節手段としては、加熱手段と温度測定手段を用いるようにすればよい。加熱手段としては、各種対流加熱、輻射加熱などを必要に応じて選択し、又は組合わせて用いるようにすればよい。例えばシーズヒーターなどの抵抗加熱を用いるようにしてもよいし、ガス、重油や軽油などをチャンバ外で燃焼させるようにしてもよい。さらに、処理対象物体の樹脂などから排出されるガスを改質、無害化、中和したうえで燃料ガスとして、熱分解炉20ははじめとする本発明の処理装置の熱源として再利用するようにしてもよい。また例えば上述のようにして得たクリーンな燃料ガスをガスタービン発電機に導入して電力に変換し、この電力により熱分解炉20をはじめとする本発明の処理装置の運転に用いるようにしてもよい。

【0166】温度測定手段としては各種温度センサを用いるようにすればよい。第1の温度は、処理対象物体の樹脂が熱分解するとともに、処理対象物体の金属ができるだけ酸化されないように設定するようにすればよいが、後述するように、ダイオキシンの発生源を多段階で絶つために、熱分解炉20を還元性条件に保つことが好適である。例えば、塩素を含む芳香族系炭化水素化合物を還元性条件下で熱分解することにより、この芳香族系炭化水素化合物の塩素はHCl等に分解される。したがってダイオキシンの発生が抑制される。

【0167】この熱分解炉20では処理対象物体を約250℃～約600℃程度、より好ましくは400～550℃程度の温度範囲で熱分解するようになっている。この第1の温度は、処理対象物体の性質、構成などにより必要に応じて調節するようにすればよい。熱分解炉20の第1の温度を比較的低温に設定することにより、処理対象物体の重金属などの気化を防ぐことができ、後段の減圧加熱炉50でより効率的に分離回収することができる。また、熱分解炉20の負荷も低減され、耐用年数を長くすることができ、処理コストを低減することができる。

【0168】酸素濃度調節手段は例えば酸素濃度測定手

段である酸素濃度センサとキャリアガス導入系とを用いるようにしてもよい。

【0169】酸素濃度センサは例えばジルコニア（酸化ジルコニウム）を採用したいわゆるジルコニアセンサを用いるようにしてもよいし、赤外分光法で例えばCOとCO₂の吸収を測定するようにしてもよい。さらに、GC-MSを用いるようにしてもよく、必要に応じて選択し、あるいは組合わせて用いるようにすればよい。

【0170】キャリアガスガスとしては例えばArなどの希ガスを用いるようにしてもよい。また、このキャリアガスにより、熱分解炉20内の酸素濃度が調節されるだけでなくガスを効率的にガス分解器30へ導くこともできる。さらに、圧力調節手段と兼ねるようにしてもよい。

【0171】なお熱分解炉20は、処理対象物体を酸素濃度制御下で熱分解することができればよく、例えばロータリーキルンなどを用いるようにしてもよい。

【0172】また、熱分解炉20の前段にシュレッダー25を設けるようにしてもよい（図10参照）。装置外部から持ち込まれた処理対象物体をシュレッダーで破碎、分別してから熱分解炉20に導入するようにしてもよいし、破碎せずに熱分解炉20に導入するようにしてもよい。処理対象物体が廃回路基板の場合には破碎せずに熱分解炉20に導入することが好適である。

【0173】処理対象物体が導入された熱分解炉20内は、処理対象物体中の金属の状態はできるだけ酸化されないように、また樹脂の熱分解に際して有機化合物と結合した塩素ができる限る無機化されるように、温度・酸素濃度条件を調節するようにすればよい。この温度、酸素濃度条件はあらかじめ設定しておくようにしてもよいし、温度や酸素濃度の測定値を加熱手段、酸素濃度調節手段などにフィードバックして制御するようにしてもよい。酸素濃度を測定する必要がある場合には例えばジルコニアセンサなどを用いるようにすればよい。

【0174】また、熱分解炉20の熱分解チャンバ21内の圧力を制御するようにしてもよい。例えば熱分解チャンバ21内を減圧すると、酸素濃度も低下し加熱により処理対象物体が急激に酸化されることはない。また加熱により樹脂から大量の分解生成ガスが発生するが、一般的に樹脂は分解してもほとんど酸素を発生しない。さらに、樹脂の分解生成物も容易に気化される。

【0175】一方、減圧すると熱分解チャンバ21内の熱伝導率は低下する。しかし熱分解炉20内が非酸化雰囲気であれば、大気圧下または加圧下でも処理対象物体は酸化されない。したがって熱分解チャンバ21内が非酸化雰囲気であれば、加圧が可能であり系内の熱伝導率が向上する。

【0176】処理対象物体から排出されるガス状排出物は、配管を通じてガス分解器30へ導入される。図1に例示した処理装置10では熱分解炉20とガス分解器3

0との間にガス状排出物中の塵などの固体状排出物を分離するサイクロン分離器29が配設されているが、このサイクロン分離器29は必要に応じて備えるようにしてもよい。

【0177】ガス分解器30は処理対象物体から排出されたガス状排出物を、第1の温度よりも高い第2の温度で熱分解または改質するものである。ここで熱分解または改質とは、処理対象物体から排出されたガス状排出物に含有される炭化水素系化合物を、より低分子の水素、メタン、一酸化炭素などに変化させることをいう。また、水素化精製処理(kydroreforming)なども行うようにしてもよい。系内を還元性条件に保って改質することは前述のようにダイオキシンの発生源を断つという観点からも好適である。また、ガス分解器30内が還元性雰囲気に保たれるならば、ガス分解器30内に少量の空気を導入するようにしてもよい。ガス分解器30では熱分解だけでなく、これに加えて例えば触媒を用いる接触分解も行うようにしてもよい。触媒としては、例えばシリカ・アルミナやゼオライト(アルミノケイ酸塩)などの固体酸にPt、Reなどの金属を担持させて用いるようにしてもよい。

【0178】ガス分解器30を熱分解炉20と分離して備えることにより、第1の温度より高い第2の温度で処理対象物体からのガス状排出物を処理することができ、ガス状排出物の改質、塩素の無機化が効果的に行うことができる。

【0179】ガス分解器30は、処理対象物体に直接的または間接的に由来するダイオキシンができるだけ分解するような条件を保つことが望ましい。例えば第2の温度を800℃程度に設定することによりかなりのダイオキシンを分解することができる。また第2の温度を1000℃以上、より好ましくは1200℃以上に設定することにより、さらに効果的にダイオキシンを分解することができる。このガス分解器30は、ダイオキシンが分解するような第2の温度に設定されるから、この第2の温度でガス状排出物の炭化水素の熱分解も同時に生じることになる。

【0180】処理対象物体から排出されたガス状排出物に含有される炭化水素系化合物は、ガス分解器30で改質、熱分解されることにより、低分子化され水素、メタン、一酸化炭素などに変化する。また、ガス状排出物にダイオキシンが含まれる場合にはこのダイオキシンの殆どは分解される。さらに、有機塩素は無機化され、ダイオキシンの再合成が抑制される。

【0181】図4はガス分解器30の構造の1例を模式的に示す図である。図4(a)に例示したガス分解器は、コークスを充填したチャンバ内に、熱分解炉20からのガス状排出物と、少量の空気を導入することにより、ガス状排出物を熱分解、改質するとともに、還元性雰囲気かつダイオキシンが分解するような温度条件を形

成したものである。

【0182】図4(b)に例示したガス分解器は燃料ガスと空気を燃焼させてチャンバをダイオキシンが分解するような温度に加熱し、このチャンバ内に熱分解炉20からのガス状排出物を導入して、熱分解、改質するようにしたものである。

【0183】ガス分解器30のチャンバ内には例えば前述したような触媒などの接触分解手段を備えるようにしてもよい。

10 【0184】また、必要に応じてガス分解器30にチャンバ内の温度、酸素濃度を調節するための温度調節手段と酸素濃度測定手段を備えるようにしてもよい。酸素濃度調節手段としては前述のような酸素濃度センサとキャリアガス導入系とを用いるようにしてもよい。さらに、水素ガスリザバを接続するようにしてもよいし、Arなどの不活性ガスリザバを接続するようにしてもよい。

20 【0185】このように処理対象物体から排出されたガス状排出物に含有されるガス状排出物はガス分解器30または第2の熱分解手段により低分子化され、水素、メタン、一酸化炭素などに変化する。

【0186】ガス分解手段30で熱分解、改質されたガス状排出物は冷却塔40に導入される。

【0187】冷却塔40はガス分解器30と接続して配設され、第2の温度で改質または熱分解されたガス状排出物を、このガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加が抑制されるように、第3の温度まで急冷するものである。

【0188】すなわち、ガス分解器30または第2の熱分解手段において、第2の温度で改質または熱分解されたガス状排出物中のダイオキシン濃度は、第2の温度がダイオキシンが分解するような温度であること、この温度で分解、あるいは改質される炭化水素系化合物の塩素は還元性雰囲気によりされ無機化されることから極めて低いものである。したがって、この状態からのダイオキシンの生成、再合成が生じないように、ガス状排出物中のダイオキシン濃度の増加ができるかぎり抑制されるように第3の温度まで急冷するようにするのである。第3の温度は、ダイオキシンの生成反応が生じないような温度に設定すればよい。例えばダイオキシンが分解している状態のガス状排出物(ガス分解器30における第2の温度と同じでなくとも、ダイオキシンが分解するような温度より高い温度であればよい)から150℃以下、好ましくは100℃以下、さらに好ましくは50℃以下、最も好ましくは35℃以下まで急冷することによりダイオキシンの生成、再合成を抑制することができる。このときガス状排出物を第3の温度までできるだけ短時間で冷却することが好ましい。これは約200℃～約400℃ではダイオキシンが生成、再合成されやすいためであり、ガス状排出物を第3の温度まで急冷してダイオキシンが生成、再合成されやすい温度範囲に滞留する時間を

できるだけ短くすることにより、より効果的にガス状排出物中のダイオキシン濃度を抑制することができる。したがって冷却塔40におけるガス状排出物の冷却は好ましくは約10秒程度以内で急冷することが好ましい。

【0189】このような冷却塔40としては、ガス状排出物に水、冷却油などの冷媒を直接噴射して接触冷却するようにしてもよい。このときガス状排出物に石灰粉末などのアルカリ性粉末を噴射するようにすれば、ガス状排出物は中和される。また例えばガス状排出物中のHC1は、石灰粉末と接触して固体表面に拡散されるからダイオキシンの生成、再合成を抑制することもできる。

【0190】図5は冷却塔40の構造の1例を模式的に示す図である。図5(a)は分解器30から導入されたガス状排出物整流して冷却水、冷却油などの冷媒を直接噴射し、ガス状排出物を第3の温度まで冷却する構造となっている。図5(b)では冷媒とともに石灰粉などの中和剤を噴射して、ガス状排出物を中和すると同時に、ガス状排出物中の塩素を固定してダイオキシンの発生源をガス状排出物から取り除く構造となっている。

【0191】また、冷却塔40には図示しない温度センサがガス状排出物導入部および冷却ガス排出部に備えられており、また導入されるガス状排出物の冷却速度管理手段、例えば冷媒の流量・温度調節手段が備えられており、ガス状排出物の冷却速度はダイオキシンの生成、再合成が抑制れるように制御されている。

【0192】このように熱分解炉20で処理対象物体から排出されたガス状排出物は、ガス分解器30でダイオキシンが分解するような温度で熱分解または改質され、冷却塔40によりダイオキシンの生成、再合成が生じないように急冷されることにより、水素、メタン、一酸化炭素等に変化し、また、ガス状排出物中のダイオキシン濃度も大きく低減される。このように本発明の処理装置においては処理対象物体の分解、処理対象物体からのガス状排出物の分解を熱分解炉20と、ガス分解器30の複数段階で処理することにより、そして、このような分解手段を還元性雰囲気を保つことにより、ダイオキシンの発生を抑制することができる。

【0193】第2の温度を800℃に設定し、第3の温度を150℃に設定することによりガス状排出物中のダイオキシン濃度を0.1~0.5TEQng/Nm³に低減することができた。また第2の温度を1150℃に設定し、第3の温度を50℃に設定することによりガス状排出物中のダイオキシン濃度を0.1TEQng/Nm³以下に低減することができた。

【0194】冷却塔40で冷却されたガス状排出物は、必要に応じて洗浄、脱硫を行うようにしてもよい。

【0195】また、冷却塔40で冷却されたガス状排出物を例えばバグフィルターなどの中和反応ろ過手段に導入するようにしてもよい。冷却塔40と中和反応ろ過手段との間に、ドライベンチュリーなどにより消石灰、ろ

過助剤(例えばゼオライト、活性炭などの空隙率の高い粒子、デシソープ、シラスバルーン)などをガス状排出物の気流に吹き込むようにしてもよい。図6は冷却塔40の後段にバグフィルター70を接続したガス状排出物処理系の構成の一部を示す図である。冷却塔40で凝縮した重金属微粒子などの固体状排出物、バグフィルター70から排出される固形物などは、減圧加熱炉50に導入して処理することにより、ガス状排出物中に鉛、すず、ひ素、カドミウムなどなどの金属が含まれる場合であっても分離回収することができる。

【0196】このように処理した、処理対象物体から排出されたガス状排出物は熱分解炉20の加熱の熱源として用いるようにしてもよいし、ガスタービン発電機に供給して電力を得るようにしてもよい。さらにこの電力を本発明の処理装置の熱源その他に用いるようにしてもよい。

【0197】一方、熱分解炉20でガス状排出物を排出した処理対象物体の熱分解残渣は、減圧加熱炉50に導入される。処理対象物体の有機物成分は第1の熱分解手段である熱分解炉20でほとんど分解されるから、熱分解残渣は主として金属と炭化物、あるいはガラスから構成される。

【0198】この処理対象物体である熱分解残渣から金属を分離・回収する減圧加熱炉50は、ページ室51、第1の気密室52、冷却室53とから構成されており、各室は開閉可能な隔壁54により隔てられている。また、熱分解炉20と減圧加熱炉50の第1の気密室を、ページ室51を介して接続するようにしてもよい。

【0199】図1に例示した処理装置の減圧加熱炉50では、処理対象物体は隔壁54aを開いてページ室51に導入される。隔壁54aを閉じてページ室51内を図示しない排気系により荒引きしたのち、隔壁54bを開いて処理対象物体を第1の気密室52へ移動する。

【0200】隔壁54bを閉じ、第1の気密室52内を処理対象物体中の金属が減圧下で気化するように圧力、温度を制御する。処理対象物体から気化した金属は、回収チャンバ60で凝縮させて回収する。55は排気系である。排気系の排気ガスを分解器30に導入するようにしてもよい。

【0201】所望の金属を気化させた後、図示しない排気系により減圧されているれきやく室53との間の隔壁54cを開いて、処理対象物体を冷却室53へ移動する。

【0202】隔壁54cを閉じて処理対象物体を冷却し、処理対象物体が大気中でも安定な状態になったら、冷却室53をリークし隔壁54dを開いて処理対象物体を取り出す。

【0203】処理対象物体中は炭化物と気化しなかった金属とからなっているが、これらに金属は容易に炭化物から分離することができる。

【0204】以上のように本発明によれば、樹脂と金属とを有する処理対象物体を高度に再資源化することができ、しかもダイオキシンの発生を防止することができる。

【0205】（実施形態2）図7は本発明の処理装置の別の1例を概略的に示す図である。図8は、図7に例示した本発明の処理装置の構成を模式的に示す図である。この処理装置では冷却塔40で冷却したガス状排出物の酸性成分を中和洗浄塔61で中和し、脱硫塔62で脱硫してクリーンな燃料ガスとして利用できるようにしている。この燃料ガスは熱分解炉20の燃焼室2.3へ送られて熱分解炉の加熱燃料として使用され、また、活性炭フィルタ63でろ過してからガスタービン発電機64へ送られて電力に変換される。熱分解炉20を加熱した排ガスおよびガスタービン発電機64の排ガスはGC-M Sなどで成分、濃度をモニターし、安全を確認してから煙突66より大気中へ放出される。

【0206】このような構成を採用することにより、本発明の処理装置は、処理対象物体をより効率的に処理することができる。例えば無害化されガス状排出物を中和、洗浄してクリーンな燃料ガスとして熱分解炉の加熱に利用し、さらにガス発電機で得た電力により減圧加熱炉を稼働したり、あるいは売電することにより装置のランニングコストを極めて低く抑制することができる。

【0207】また第1の熱分解手段内の第1の温度が600℃以下と低温なため熱分解炉の耐用年数が長く、維持管理も容易にすることができる。

【0208】図9は本発明の処理方法を廃棄物処理に適した例を模式的に示す図である。すなわち廃棄物を熱分解し、廃棄物から排出されるガス状排出物はガス状排出物処理系でクリーン燃料ガス化し、熱分解残渣は減圧加熱炉に導入して重金属、有用金属、活性炭などとして回収することができる。

【0209】図10は本発明の処理装置の前段に備えることができるシュレッダー装置の構成の1例を模式的に示す図である。ここでは廃自動車処理するシュレッダー装置を例示した。

【0210】廃自動車はシュレッダーにより破碎され、磁気、風力などにより鉄類、非鉄類、非金属類などが分別される。このような分別残渣がシュレッダーダストである。シュレッダーダストには、樹脂（繊維、紙を含む）、ガラス、重金属を含む各種金属が含まれている。本発明は上述のような構成を採用することにより、従来処理技術が確立されていなかったこのようなシュレッダーダストも安全かつ効率的に処理することができる。

【0211】シュレッダーダストを熱分解炉20に投入し、400～500℃で加熱分解して、シュレッダーダストの樹脂成分あるいは有機物成分などから排出されるガス状排出物をガス分解器30に導いて、ダイオキシン等の有害物を分解無害化するため第2の温度を1100

℃以上（より好ましくは1150℃以上）で加熱分解した。そして、その直後に第3の温度を100℃以下（望ましくは50℃以下）に設定した冷却塔40で10sec以内に急冷することにより、ダイオキシンの発生を0.1TEQng/Nm³以下に抑制することができた。このように処理した処理対象物体からのガス状排出物をガス洗浄（中和）装置、脱硫装置によりシアン化物、硫化物、窒化物などを除去して、クリーンな燃料ガスを取得することができた。

10 【0212】この燃料ガスは熱分解炉20の加熱熱源として利用するとともに、ガスタービン発電機で発電して電力に変換し、減圧加熱炉50を稼働している。

【0213】また処理対象物体の熱分解残渣は減圧加熱炉50に導入され、10⁻¹～10⁻³Torrの減圧下で加熱して、Pb、Sb、As、Cd、Sn、Zn等の金属は99%以上の収率で分離回収することができた。減圧加熱炉50で処理した処理対象物体はPb、Sb、As、Cd、Sn、Znを0.1ppmレベルまで低減することができた。

20 【0214】減圧加熱炉50で処理した処理対象物体に残っていた鉄類は比重選考法、電気磁石等で分離回収し、最終的に無害で高純度の炭化物が得られた。この炭化物は活性炭フィルタ63で利用してもよいし、有効な土壌改良剤等に活用することができる。

【0215】このように本発明によれば、家庭電気製品、自動車、精密機器等、あるいはこれらの廃棄物のシュレッダーダストを、酸素濃度を制御して熱分解し、ガス状排出物処理系と熱分解残渣処理系で処理することにより、ガス状排出物はダイオキシンなどの有害物質を分解、無害化してクリーンなガス燃料とすることができる。このガス燃料を熱分解炉等の燃焼室導いて加熱熱源として用いることもできる。さらに、このガス燃料を用いて発電することもできる。渾水期には水が不足し、コンスタントに電力を供給することが困難な水力発電方法と比較して、シュレッダーダストは豊富で低価格な資源であり、本発明の処理装置を用いて非常に効率的に発電することができる。また、本発明の処理装置はモジュール構成となっているため小規模から大規模まで幅広い規模に応じて、また用途に応じて対応することができる。

30 【0216】一方熱分解残渣は真空加熱により各種金属を高純度の金属状態で分離回収することができる。炭化物も重金属が除去されており、有効に活用することができる。また減圧加熱炉は溶融炉と比較して小型であり、設置費用、設置場所等が少なくすみ、市町村規模の廃棄物処理にも効率的に対応することができる。

【0217】このように、有害物質またはその原料物質を含み、燃焼させるとダイオキシン類をはじめとする有害物質を生成する多量の廃棄物を、環境中に有害物質、重金属などを放出することなく、再利用可能な物質を高純度状態で回収することができる。

【0218】また本発明の処理装置、処理方法により、有害ガスを発生させることなく実装基板廃棄物などから、容易に回路基板と各種IC、抵抗器、コンデンサ等の電子部品を分離し、同時に、半田合金などを分離回収することができる。

【0219】まず、実装基板を破碎せずに熱分解炉20に導入し、第1の温度を250～500℃に設定して熱分解する。このとき熱分解炉内を減圧するようにしてもよい。実装基板の熱分解により生じるガス状排出物は、ダイオキシン等の有害物の発生を押さえるため、ガス分解器30に導き800℃以上で加熱分解した後、冷却塔40にて100℃以下に急冷する。熱分解残渣は減圧加熱炉50に導入して10⁻³程度まで減圧し、350～700℃に順次昇温して、はんだ合金の構成金属を蒸発させた。したがって、回路基板と各種IC、抵抗器、コンデンサ等の電子部品を分離し、同時に、蒸発した鉛などの金属を回収経路の途中に設けた凝集手段で回収する。

【0220】このような方法により電子部品と回路基板とをほぼ完全に分離することができた。また、有害なPb等の低融点金属もほぼ完全に(0.1ppmレベル)除去された。樹脂部から発生したガス状排出物中の有害物質濃度も極めて低く、例えばダイオキシンは0.1～0.5TEQng/Nm³まで低減することができた。

電子部品が実装解除され、接合金属が除去された回路基板は炭化されており、配線用の銅を含んだ状態になった。各種IC、抵抗器、コンデンサ等の電子部品からも有害なPb、Sbなどの金属は除去され、モールド樹脂などの樹脂部は炭化し、一部Si、Au、Ni、W、Mo等の金属を含んだ状態になった。

【0221】ついで、銅を含む炭化した回路基板を減圧加熱炉50内で、更に、加熱(1050～1200℃)し、銅箔を半熔融させて、数mmの球状に凝集させた。このような処理を施すことにより銅の炭化物からの分離回収が容易になった。この炭化物と金属銅とからなる回路基板は、炭酸カルシウム水溶液などにより洗浄し、高純度の銅を回収することができた。

【0222】このように本発明によれば実装基板廃棄物を有害物質を放出させず、かつ有害物質を除去し、また、人手によらず容易に回路基板と各種電子部品とを分離することができる。また同時に、半田合金の構成金属をはじめとする各種金属を蒸発させて分離回収することができる。また蒸発しなかった銅などの金属を高純度で回収することができる。本発明によれば従来有効な処理技術が確立されていなかった実装基板などの廃棄物を環境中に有害物質、重金属などを放出することなく、再利用可能な物質を高純度状態で回収することができる。

【0223】(実施形態3) つぎに、本発明の減圧加熱手段についてさらに詳しく説明する。

【0224】図11は本発明の処理装置が備える減圧加

熱装置の1例を概略的に示す斜視図である。一部を切り欠いて内部の様子を示した。

【0225】この減圧加熱炉100は樹脂と金属とを構成材として有する処理対象物体150の熱分解残渣および、ガス状排出物から分離された固体状排出物、スラグなどを処理するものであり、ページ室101、第1の気密室102、第2の気密室103、冷却室104から構成されている。

【0226】これら各室は開閉可能な隔壁である扉105によって隔てられている。すなわち、装置外部とページ室101とは扉105aにより、ページ室101と第1の気密室102とは扉105bにより、第1の気密室102と第2の気密室103とは扉105cにより、第2の気密室103と冷却室104とは扉105dにより、そして冷却室104と装置外部とは扉105eによりそれぞれ隔てられている。

【0227】これら各室を隔てる扉105は気密保持性と断熱性を備えており、各室を熱的、圧力的に隔てている。扉105a、105bにかかる熱的負荷は小さいので気密性が保持できればよい。

【0228】ページ室101には排気系106が接続されている。この排気系106は油拡散ポンプ106a、ブースターポンプ106b、ロータリーポンプ106cを備えている。ページ室101と排気系106との間、それぞれの真空ポンプ間には図示しないバルブが配設されている。

【0229】ページ室101と排気系106との間には、ページ室101内の減圧などにより処理対象物体150から排出される水分や水素ガスなどを除去するトラップ107が配設されている。したがって、ページ室内で処理対象物体150から水分や水素ガスなどが排出されたとしても、排気系106に悪影響を及ぼすことはない。このトラップ107は必要に応じて備えるようにすればよい。

【0230】ページ室101内の圧力はこの排気系106と、図示しない圧力センサである真空計により調節している。真空計としてはブルドン管、ピラニゲージなどを必要に応じて用いるようにすればよい。

【0231】また、ページ室101にはページ室101内をガス置換するためのキャリアガス導入系が接続されており、108はキャリアガス導入弁である。キャリアガス導入系は図示しないキャリアガスリザーバーに接続されている。ここではキャリアガスとしてN₂を用いているが、例えばArなどの希ガスを用いるようにしてもよい。

【0232】また、ページ室101に加熱手段を備えて、処理対象物体150を予熱するようにしてもよい。

【0233】ページ室101と第1の気密室102の圧力をほぼ等しくし、扉105bを開きブッシャー130で処理対象物体150を第1の気密室102へ移動させ

る。以後特に述べないが、扉105はこの扉が隔てる両側の圧力をバランスさせて開閉するようにすればよい。

【0234】第1の気密室102は、処理対象物体150の構成金属を処理対象物体150から選択的に気化させ回収するための処理室である。

【0235】この第1の気密室102は加熱手段である電熱ヒーター109を備えている。この電熱ヒータは、ガスタービン発電機64により電力を供給するようにしてもよい。加熱手段は電熱ヒーター109に限らず、必要に応じて選択または組合わせて備えるようにすればよい。例えば気密領域の外側からガス、油等を燃焼させてもよいし、誘電加熱を行うようにしてもよい。また、処理対象物体150から得た燃料ガスを用いるようにしてもよい。

【0236】第1の気密室102内の温度は、この電熱ヒーター109と図示しない温度センサおよび温度センサから測定値により電熱ヒータを制御する図示しない制御手段により調節している。制御手段は、例えば、温度センサからの測定値または測定電圧を入力とし、電熱ヒーターへの投入電力を変化させるような信号または電圧を出力とするプログラムを電子計算機に搭載して用いるようにしてもよい。

【0237】このような制御はアナログ回路によってもよいし、測定温度に応じて操作員が加熱手段を操作するようにしてもよい。

【0238】図11に例示した減圧加熱装置においては、第1の気密室102内の温度は、後述する第1の気密室102内の圧力とともに、また、パージ室101、第2の気密室103、冷却室104内の諸条件および隔壁105の開閉、処理対象物体150の移送とともに、統合的に図示しない制御手段により制御している。この制御手段は、例えば制御プログラムを電子計算機に搭載して行うようにしてもよい。第1の気密室102にも排気系110が接続されている。この排気系の構成はパージ室101の排気系110と同様の構成となっている。

【0239】第1の気密室102内の圧力はこの排気系110と、図示しない圧力センサである真空計により調節している。真空計としては前述同様ブルドン管、ピラニゲージなどを必要に応じて用いるようにすればよい。

【0240】第1の気密室102には、この室内の酸素濃度を調節するためのキャリアガス導入系が接続されており、112はキャリアガス導入弁である。キャリアガス導入系は図示しないキャリアガスリザーバーに接続されている。

【0241】酸素濃度調節手段は必要に応じて備えるようにすればよい。第1の気密室102内を減圧すると処理対象物体の昇温効率が低下するので、まず比較的真空度の低い段階で酸素濃度を調節して処理対象物体を加熱

し、ついでより真空度を高くするなどして処理対象物体の昇温効率を高めるようにしてもよい。

【0242】ここではキャリアガスとして N_2 を用いているが、例えばArなどの希ガスを用いるようにしてもよい。

【0243】排気系110とキャリアガス導入弁112を適当に操作することにより、第1の気密室内を減圧、または加圧することができる。この装置の圧力調整手段は、 10^{-3} Torr から 4×10^3 Torr 程度まで系内の圧力を調節できるようになっている。排気系の能力、容量を変えることにより、さらに減圧するようにしてもよい。またキャリアガスを予圧することによりさらに加圧するようにしてもよい。

【0244】第1の気密室102内の酸素濃度は、キャリアガス導入弁112と、図示しない酸素濃度センサにより調節される。酸素濃度センサとしては、例えばジルコニアセンサを用いるようにしてもよい。第1の気密室102内の温度がジルコニアセンサには低い場合には、例えば第1の気密室102内から抽出したガスを773 K程度に調節して測定するようにしてもよい。

【0245】ジルコニアセンサ以外にも例えば系内のガスを赤外分光して酸素濃度を測定するようにしてもよい。

【0246】第1の気密室102内の酸素濃度は例えば N_2 のようなキャリアガスの導入ではなく、系内の全圧により調節するようにしてもよい。

【0247】前述のように、第1の気密室102内の圧力、酸素濃度についても温度と同じように制御するようにすればよい。例えば、圧力センサ、酸素濃度センサからの測定値または測定電圧を入力とし、排気系110のバルブ、キャリアガス導入弁112を制御する信号または電圧を出力とするプログラムを電子計算機に搭載し制御手段として用いるようにしてもよい。

【0248】第1の気密室102と排気系110との間に、処理対象物体150から気化した気体状態の金属を回収するための回収チャンバ111が配設されている。この回収チャンバ111は、このチャンバ内で気化した金属を融点以下に冷却して凝縮させ回収するものである。回収チャンバ111内を例えば向流構造や螺旋構造にするようにしてもよい。あるいは回収チャンバ111と第1の気密室102との間、回収チャンバ111と排気系110との間にバルブや開閉可能な隔壁を設けるようにしてもよい。すなわち処理対象物体150から気化した金属が回収チャンバ111内に導入されたら、回収チャンバ111を閉鎖して冷却し、金属を凝縮させて回収するようにしてもよい。

【0249】処理対象物体150から有害なガスが排出される場合には、排気系の排出ガスをガス分解装置30へ導入して無害化するようにすればよい。また、各室に接続した排気系106、110、114、115の後段

をガス分解装置30へ接続するようにしてもよい。

【0250】第1の気密室102内の温度、圧力、酸素濃度は上述のように制御される。したがって、処理対象物体150の構成金属を選択的に気化させ回収することができる。

【0251】第1の気密室102での処理終了時には、処理対象物体150から所定の金属が除去されているが、さらにより沸点の高い金属を回収したい場合には第1の気密室102と冷却室104との間に第2の気密室103を備えるようにすればよい。

【0252】本発明の処理装置が備える減圧加熱装置100では、第1の気密室102で加熱した処理対象物体150を冷却することなく第2の気密室103に移送するので、熱効率が非常に高い。

【0253】第2の気密室103は、処理対象物体150の構成金属を処理対象物体150からさらに選択的に気化させ回収するための処理室である。

【0254】この第2の気密室103は加熱手段として第1の気密室と同様の電熱ヒーター109を備えている。加熱手段は電熱ヒーター109に限らず、必要に応じて選択または組合わせて備えるようにすればよい。

【0255】前述のように、第2の気密室103内の温度は、この電熱ヒーター113と図示しない温度センサにより第1の気密室102内と同様に制御している。すなわち、第2の気密室103内の温度は、第2の気密室103内の圧力、酸素濃度などとともに、また、パージ室101、第1の気密室102、冷却室104の諸条件および隔壁105の開閉とともに、統合的に図示しない制御手段により制御している。

【0256】第2の気密室103にも排気系114が接続されている。この排気系の構成はパージ室101の排気系114と同様の構成となっている。

【0257】第2の気密室103内の圧力はこの排気系114と、図示しない、圧力センサである真空計により調節している。真空計としては前述同様ブルドン管、ピラニーゲージなどを必要に応じて用いるようにすればよい。

【0258】第2の気密室103には、この室内の酸素濃度を調節するためのキャリアガス導入系が接続されており、112はキャリアガス導入弁である。キャリアガス導入系は図示しないキャリアガスリザーバーに接続されている。ここではキャリアガスとしてN₂を用いているが、例えばArなどの希ガスをを用いるようにしてもよい。

【0259】排気系114とキャリアガス導入弁112を適当に操作することにより、第1の気密室内を減圧、または加圧することができる。この装置では、10⁻³Torrから4×10³Torr程度まで系内の圧力を調節できるようになっている。排気系の能力、容量を変え

キャリアガスを予圧することによりさらに加圧するようにしてもよい。

【0260】第2の気密室内103内の減圧にともなって処理対象物体150の構成金属の蒸気圧（沸点）は下がるから、より低い温度で金属を気化させることができる。したがって、第2の気密室103が備える加熱手段、排気手段の能力は処理対象物体150から分離、回収する金属の種類に応じて変えるようにすればよい。例えば、第2の気密室内103内をより高温に加熱するのに、誘電加熱手段を備えるようにしてもよい。また例えば第2の気密室内103内をより高真空に減圧するのに、より能力が高く排気量の大きい真空ポンプを備えるようにしてもよい。第2の気密室内103内の容量によっては、イオンゲッターポンプ、ターボ分子ポンプなどを用いて、さらに高真空を得るようにしてもよい。

【0261】第2の気密室103内の酸素濃度は、系内が十分に減圧されているために特に調節しなくても十分に低い。したがって、積極的に調節する必要はないが、酸素濃度調節手段を備える場合には、第1の気密室102と同様にすればよい。

【0262】また図11に示した減圧加熱装置100は、第2の気密室103を1室備えた構成を例示したが、第2の気密室103を複数備えるようにしてもよい。内部の温度条件、圧力条件の異なる複数の第2の気密室103を備えることにより、蒸気圧の異なる複数の金属を処理対象物体150から気化させ回収することができる。

【0263】また、処理対象物体150から金属を元素ごと分離して回収する必要がある場合には、処理対象物体150から複数金属を気化させ、回収するようにしてもよい。例えば、Pb-Sn合金を処理対象物体から除去する時は、第2の気密室103内の圧力で、PbおよびSnが気化するような温度に加熱し、PbおよびSnを回収するようにしてもよい。もちろん、PbとSnとを選択的に気化して、それぞれ回収するようにしてもよい。

【0264】第2の気密室103と排気系114との間に、処理対象物体150から気化した気体状態の金属を回収するための回収チャンバ115が配設されている。この回収チャンバは、このチャンバ内で気化した金属を融点以下に冷却して凝縮させ回収するものである。回収チャンバ115内を例えば向流構造や螺旋構造にするようにしてもよい。あるいは回収チャンバ115と第2の気密室103との間、回収チャンバ115と排気系114との間にバルブや開閉可能な隔壁を設けるようにしてもよい。すなわち処理対象物体150から気化した金属が回収チャンバ115内に導入されたら、回収チャンバ115を閉鎖して冷却し、金属を凝縮させて回収するようにしてもよい。

【0265】気化した金属を連続的に凝縮、回収する場

合でも、バッチ処理で凝縮、回収する場合でも、回収チャンバ115内の気化した金属の滞留時間が長くなれば回収効率は高まる。

【0266】また、第2の気密室103内にN₂や希ガスをキャリアガスとして導入するようにしてもよい。気化した金属はキャリアガスにより回収チャンバに効率的に導入される。

【0267】回収チャンバ115は、第2の気密室103に複数系統備えるようにしてもよい。複数の回収チャンバ115で同じ金属を回収するようにしてもよいし、第2の気密室103内の温度と圧力を段階的に調節して複数の金属をそれぞれ選択的に気化させ、複数系統の回収チャンバ115を切り換えて回収するようにしてもよい。

【0268】第2の気密室103内の温度、圧力、酸素濃度は上述のように制御される。したがって、処理対象物体150の構成金属をその蒸気圧に応じて気化させ、回収チャンバ115で金属状態のまま回収することができる。

【0269】なお、第1の熱分解手段での処理対象物体150の構成樹脂の分解の程度によっては、構成樹脂が分解生成ガス等を排出することがある。このような分解生成ガスは、回収チャンバ115の後段をガス分解装置30に接続するようにしてもよい。

【0270】このように第2の気密室103でも処理対象物体から所定の金属を気化させ回収することができる。

【0271】第2の気密室103から処理対象物体150を直接装置100の外部へ取り出すと、処理対象物体150が急速に酸化する恐れがある。また、第2の気密室103内を大気圧に戻さねばならず、第2の気密室103内の気密性を保持するという観点からも不便である。このために図11に例示した減圧加熱装置100では、第2の気密室103の後段に冷却室104を備えている。

【0272】この冷却室はページ室101、第1の気密室102、第2の気密室103と同様の圧力調節手段と、酸素濃度調節手段とを備えている。すなわち、前述同様の排気系116と、キャリアガス導入弁117とを備えている。

【0273】第2の気密室103内で所定の金属を分離された処理対象物体150は、冷却室104へ移送され圧力と酸素濃度が調節された状態で冷却される。キャリアガスは酸素濃度の調節だけではなく処理対象物体150の冷却ガスとしても機能する。

【0274】冷却室104と排気系116との間に、予熱により処理対象物体から排出されるガスなどを除去するためのトラップ118を配設するようにしてもよい。

【0275】冷却室内104内で処理対象物体150を十分冷ましたなら、装置外部へ取り出す。

【0276】なお、減圧加熱装置100への処理対象物体150の導入と、取出し、また各室間の処理対象物体150の移送は、プッシャー130、ドローワー131により行うようにすればよい。

【0277】プッシャー130およびドローワー131の操作は、隔壁105の開閉とともに、前述した図示しない制御手段により行うようにしてもよい。

【0278】図12は図11に例示した本発明の処理装置が備える減圧加熱装置を模式的に示す図である。

【0279】図11には図示していない、ページ室101内の圧力センサ202a、第1の気密室102内の温度センサ201a、圧力センサ202b、酸素濃度センサ203、第2の気密室103内の温度センサ201c、圧力センサ202c、冷却室104内の圧力センサ202dからの信号は制御手段を構成する制御盤200に伝達される。制御手段は電子計算機にプログラムを搭載して構成するようにしてもよい。

【0280】そして制御手段は装置内の各室内の状態に応じて、加熱手段、圧力調節手段、酸素濃度調節手段を制御するようにすればよい。また、隔壁105の開閉、プッシャー130、ドローワー131による処理対象物体150の移送もこの制御手段により行うようにしてもよい。210は各室内の温度、圧力、酸素濃度などの状態、隔壁105の開閉状態などを操作員に示すモニタである。また211は前述したガス状排出物を処理するガス状排出物処理系である。

【0281】（実施形態4）図13は、本発明の処理装置が備える減圧加熱装置の別の1例を概略的に示す図である。一部を切り欠いて内部の様子を示した。この減圧加熱装置300も樹脂と金属とを構成材として有する処理対象物体350の熱分解残渣等を処理するものである。

【0282】この減圧加熱装置300はページ室301、気密室302、冷却室303から構成されている。この気密室300は、図11に例示した減圧加熱装置100の第1の気密室102と、第2の気密室103の機能を兼ね備えている。すなわち、気密室302内でまず処理対象物体350から所定の金属を分離回収し、ついで同じ気密室内302でさらに別の金属を分離回収する。

【0283】気密室302は温度調節手段と、圧力調節手段と、酸素濃度調節手段とを備えているが、酸素濃度は前述のように気密室302内の全圧により調節するようにしてもよい。

【0284】気密室302内の温度調節は、電熱ヒータ309と図示しない温度センサにより行うようにすればよい。

【0285】気密室302内の圧力調節は、排気系310、314と、キャリアガス導入系と、図示しない圧力センサにより行うようにすればよい。312はキャリア

ガス導入弁である。

【0286】気密室302と排気系310との間には、処理対象物体350から気化させた金属を回収するための凝縮回収手段である回収チャンバ311が配設されている。また、気密室302と排気系314との間には、処理対象物体350のから気化した別の構成金属のガスを回収するための凝縮回収手段である回収チャンバ315が配設されている。処理対象物体の構成金属を気化させる必要がない場合には、複数の回収チャンバ311を配設するようにしてもよい。

【0287】ページ室301、冷却室303、隔壁305、キャリアガス導入系、プッシャー330、ドローワー331については図11に例示した減圧加熱装置100と同様である。また、制御手段についても同様に備えるようにすればよい。

【0288】このように本発明の処理装置は、処理対象物体の構成樹脂を熱分解する部分と、樹脂を熱分解した処理対象物体から構成金属を分離回収する部分とを組み合わせることにより、処理できる物体の範囲が大きく広げることができる。例えば廃回路基板、廃家電製品、シュレッターダストなど従来处理が困難であり、効果的で安全な処理技術が確立されていなかった処理対象物体についても対応することができる。

【0289】例えば樹脂被覆アルミニウム箔などの処理は、樹脂部分を制御された雰囲気下で熱分解することにより、アルミニウムを金属状態で回収することができる。

【0290】また基板に電子部品が搭載された実装基板などの処理は、ハンダ合金を気化させて回収し、基板と電子部品とを分離すればよい。

【0291】（実施形態5）図14は本発明の処理装置が備える減圧加熱装置の別の1例を模式的に示す図である。

【0292】この減圧加熱装置400は第1の気密室401と第2の気密室402とを備えている。第1の気密室401は図示しない温度調節手段を備えており、排気系403と回収チャンバ404に接続されている。第2の気密室は図示しない温度調節手段を備えており、排気系405と回収チャンバ406に接続されている。また、第1の気密室401、第2の気密室402にはキャリアガス導入系407が接続されており、気密室内の酸素濃度の調節、加圧を行うことができる。408はキャリアガスリザーバーである。

【0293】すなわち樹脂と金属とを有する処理対象物体の熱分解残渣等を第1の気密室401内で減圧加熱し、気化した金属を回収チャンバ404で回収する。このとき、前述した制御手段などで、第1の気密室401内の温度、圧力、酸素濃度を調節して処理対象物体の他の構成金属の状態を保持しながら所望の金属を気化するようにすればよい。

【0294】第2の気密室402では、内部の温度、圧力を調節してさらに別の構成金属を気化させ、回収チャンバ406で回収する。第2の気密室402内の温度、圧力についても第1の気密室401同様の制御手段で調節するようにすればよい。

【0295】第1の気密室401の前段または第2の気密室402の後段にパージ室を配設するようにしてもよい。

【0296】（実施形態6）図15は本発明の処理装置が備える減圧加熱装置の別の1例を模式的に示す図である。

【0297】この減圧加熱装置500は樹脂と金属とを構成材として有する処理対象物体を処理する装置であり、ページ室501、第1の気密室502、第2の気密室503、第3の気密室504、冷却室505を備えている。

【0298】ページ室501はトラップ506と排気系507に接続されている。第1の気密室502は回収チャンバ508と排気系509に接続されている。第2の気密室503は回収チャンバ510と排気系511に接続されている。第3の気密室504は回収チャンバ512と排気系513に接続されている。冷却室505はトラップ514と排気系515に接続されている。第1の気密室502、第2の気密室503、第3の気密室504は図示しない温度調節手段を備えている。516はキャリアガス導入系であり、517はキャリアガスリザーバーである。

【0299】また、第1の気密室502は図示しない酸素濃度センサを備えており、全圧とは独立に系内の酸素濃度を調節できるようになっている。

【0300】すなわち、減圧加熱装置500は処理対象物体の構成金属を気化させるための処理室を複数備えたものである。処理対象物体が複数の構成金属を有する場合にも、第2の気密室503と第3の気密室504でそれぞれ選択的に気化させ、回収することができる。

【0301】（実施形態7）図16は本発明の減圧加熱装置が備える減圧加熱装置の別の1例を模式的に示す図である。

【0302】この減圧加熱装置600は、樹脂と金属とを構成材として有する処理対象物体の熱分解残渣等を処理することのできる装置である。この減圧加熱装置600は1つの気密容器601に複数の回収系を接続したものであり、気密容器601内部の温度、圧力、酸素濃度に応じて回収系を切り換えて処理する。

【0303】（実施形態8）図17は気密容器601内の温度、圧力、酸素濃度を調節する制御系610の構成を模式的に示す図である。前述のように制御手段611の全部または一部を、例えば制御プログラムとして電子計算機に搭載して装置の制御を行うようにしてもよい。

【0304】気密容器601には、処理対象物体の構成

金属の気化したガスを回収する複数系統の回収チャンバ602が接続され、それぞれの回収チャンバ602は排気系603に接続されている。

【0305】気密容器601には、気密容器601内で気化させた処理対象物体の構成金属を回収する複数系統の回収チャンバ605が接続され、それぞれの回収チャンバは排気系606に接続されている。

【0306】気密容器601に接続された複数系統の回収チャンバ605は同じ金属を回収するにしてもよい。また、気密容器601内の温度、圧力条件に応じて切換えることにより、蒸気圧（沸点）の異なる複数の金属をそれぞれ回収するにしてもよい。

【0307】また、気密容器601にはキャリアガス導入系が接続されている。607はキャリアガスリザーバーである。N₂、Arなどのキャリアガスの導入により気密容器601内の酸素濃度を全圧とは独立に調節することができる。また、予圧したキャリアガスを導入することにより気密容器601内を加圧するにしてもよい。非酸化雰囲気中で処理対象物体を加熱することにより、処理対象物体の昇温効率が向上する。

【0308】また、気密容器601内の酸素濃度は全圧により調節するにしてもよい。

（実施形態9）図18は本発明の処理装置が備える減圧加熱装置の回収系の別の1例を模式的に示す図である。

【0309】この減圧加熱装置は図16に例示した減圧加熱装置と同様の構成であるが、回収系以外の部分の図示は省略している。

【0310】気密容器601と開閉可能な隔壁610により隔てられた回収室611が配設されている。この回収室611は図示しない温度調節手段を備えている。回収室611にはキャリアガス導入系を接続するにしてもよい。

【0311】そして、この回収室611には、回収チャンバ605と、排気系606が接続されている。

【0312】気密容器601内が所定の金属が気化する温度、圧力条件になったら、隔壁610を開いて処理対象物体612を回収室611へ導入し隔壁610を閉じる。そして温度圧力条件を保って、回収チャンバ605により気化した金属を凝縮させて回収するにすればよい。

【0313】このような回収室611を備えれば、回収室611で処理対象物体から金属を回収している間も、気密容器601内の温度、圧力、酸素濃度などの諸条件を回収室611と独立に制御できる。したがって、装置の運用効率が向上する。

【0314】このような回収室は例えば図11、図13、図14、図15に例示したような減圧加熱装置に配設するにしてもよい。

【0315】図19は例えば図11に例示した減圧加熱装置100に接続した回収室901を含む回収系を模式

的に示す図である。

【0316】減圧加熱装置100の第2の気密室103に回収室901が接続されており、第2の気密室103と回収室901との間は開閉可能な隔壁902により隔てられている。回収室901は図示しない温度調節手段を備えている。またキャリアガス導入系を接続するにしてもよい。回収室901には回収チャンバ115、排気系114が接続されている。また、回収室901とは並列に回収チャンバ115、排気系114を接続するにしてもよい。

【0317】（実施形態10）図20および図21は回収チャンバの構造の1例を概略的に示す図である。

【0318】図20は向流構造の回収チャンバを、図21はサイクロン型の回収チャンバをそれぞれ示している。回収チャンバは処理対象物体から気化させた金属を凝縮できればよい。また、これらの回収チャンバを多段に接続するにしてもよい。図12は、処理対象物体から排出され、回収チャンバや回収チャンバなどにより回収されない排ガスを処理する排ガス処理装置の構成の1例を概略的に示す図である。回収チャンバまたは回収チャンバなどの回収系の後段に、マルチ排ガス処理フィルタ1201、無煙化フィルタ1202、無臭化フィルタ1203が接続されている。これ以外にも例えばハロゲンガスなどを回収するアルカリトラップや、触媒などを用いたハロゲン化炭化水素分解装置などを備えるにしてもよい。

【0319】このように本発明の処理装置は樹脂と金属とを構成材として有する処理対象物体を、構成樹脂は分解（気化、油化、炭化）し、構成金属は気化させて処理対象物体から分離回収することができる。

【0320】（実施形態11）つぎに、鉛と樹脂を構成材の一部として有する物体から鉛を除去する処理について説明する。

【0321】本発明は構成材の少なくとも一部に鉛と樹脂が使用された物体を効果的に処理することができる。例えば、Pb-Sn系ハンダ合金など鉛を含む合金が使用された電子機器や自動車の電子部品などから鉛を除去することができる。

【0322】本発明では、まず第1の熱分解手段で樹脂部分を気化、油化、炭化など熱分解し、ついでこの熱分解残渣から鉛を気化させて離るものである。気化させた鉛は回収するにすればよい。装置には、これまで述べたような本発明の処理装置を用いるにしてもよい。

【0323】まず、処理対象物体の鉛ができるだけ酸化しないように、かつできるだけ気化しないように処理対象物体を熱分解する。

【0324】樹脂は50℃程度から熔融等が起こり、200～600℃程度に保持すると分解により主としてC1～C8の炭化水素系ガスを排出する。このような樹脂

の分解生成ガスなどのガス状排出物は前述したガス状排出物処理系で回収するようにすればよい。

【0325】処理対象物体の熱分解工程はこれまで述べてきたように酸素濃度を調節して還元性雰囲気で行うことが好ましい。酸素濃度を調節することにより、樹脂の分解生成ガスの回収効率が向上する。また、鉛の酸化を防ぐことができる。酸化鉛は鉛よりも低い温度で蒸発するから、酸素濃度を調節することにより鉛の飛散を防止し、後工程でより積極的に鉛を回収することができる。さらにガス状排出物処理系でのダイオキシンの発生を抑制することができる。

【0326】このように熱分解した処理対象物体は減圧加熱手段内に導入して、温度と圧力とを調節して処理対象物体から鉛を気化させる。処理対象物体が鉛以外に例えば鉄、銅、アルミニウム、スズなどの金属が含まれるときには、蒸気圧の差によりそれぞれの金属を選択的に気化させるようにすればよい。

【0327】鉛が気化する温度は気密容器内の圧力によって変化する。大気圧下では例えば1400℃に加熱した場合の鉛の蒸気圧は8.4mmHgであるのに対し鉄、銅、スズの蒸気圧は1mmHgにも達しない。したがって、物体を1400℃程度に加熱することにより、物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。

【0328】また、例えば1740℃における鉛の蒸気圧は760mmHgであるのに対しスズの蒸気圧は15mmHg、銅の蒸気圧は3mmHgにも達しない。したがって、物体を1740℃程度に加熱することによっても処理対象物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。

【0329】また、減圧下で処理対象物体を加熱することにより、さらに低い温度で処理対象物体中の鉛を気化させることができる。

【0330】圧力を 10^{-1} Torrに調節すれば、約827℃程度に加熱することにより、処理対象物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。

【0331】また、圧力を 10^{-2} Torrに調節すれば、約627℃程度に加熱することにより、処理対象物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。

【0332】さらに、圧力を 10^{-4} Torrに調節すれば、約427℃程度に加熱することにより、処理対象物体からほぼ鉛蒸気のみを選択的に発生させることができる。このように選択的に発生させた鉛蒸気は、例えば鉛の融点以下に冷却した回収装置などで、金属鉛として回収するようにすればよい。

【0333】図22は鉛の蒸気圧と温度との関係を示すグラフである。減圧加熱手段の気密容器内を減圧すれば鉛の沸点が下がることがわかる。

【0334】このグラフに基づいて、例えば気密容器内

の圧力に応じて加熱温度を調節するようにすればよい。また、例えばこの関係をプログラムとして電子計算機に搭載し、前述した本発明の処理装置の制御手段として用いるようにしてもよい。

【0335】(実施形態12)ここで、鉛と樹脂とを構成材として有する物体の1例として、回路基板に各種電子部品がPbを含むハンダ合金で搭載された実装基板を処理対象物体として処理した例を説明する。

【0336】図23はこのような実装基板1300を模式的に示す図である。

【0337】銅箔1301と樹脂1302とが積層された回路基板1303に電子部品1304が搭載されている。この電子部品1304は樹脂1305でパッケージングされている。そしてCu合金からなる電子部品の接続端子1306と銅箔とがPb-Sn系ハンダ合金1307で接合されている。電子部品の接続端子1306表面がハンダ合金でメッキされていることもあるが同じように処理できる。

【0338】まず、実装基板1300を第1の熱分解手段で酸素濃度を調節して加熱し、樹脂1302、1303を熱分解する。プリント基板の構成樹脂は一般に熱硬化性樹脂で、多くは炭化されるが、それでも多量の分解生成ガスを含むガス状排出物を発生する。電子部品のパッケージング樹脂1303も同様である。ガス状排出物は前述したガス状排出物処理系で無害化されて、クリーンな燃料ガスとして再利用される。

【0339】図24は熱分解された実装基板1300を模式的に示す図である。

【0340】この状態では実装基板の構成樹脂の多くは炭化している。また、鉛は酸素濃度を調節することにより飛散することはない。

【0341】ついで熱分解した処理対象物体を減圧加熱手段へ導入し、気密容器内の温度と圧力を調節して、処理対象物体中の鉛を選択的に気化させる。温度と圧力は図22に基づいて決めるようにすればよい。気密容器内を減圧したほうが好ましい。これは、低い温度で鉛が気化するから投入エネルギーが少なくすむし、また酸素濃度が小さくなるの鉛その他の処理対象物体の構成金属が酸化されないからである。処理対象物体の構成金属が酸化される恐れのある時には、 N_2 、Arなどのキャリアガスを導入して気密容器内の酸素濃度を調節するようにすればよい。

【0342】気密容器内を減圧すればするほど、低い温度で鉛は気化する。図25は鉛1308が金属状態のまま気化する様子を模式的に示す図である。

【0343】気密容器内の温度、圧力を調節することによって、鉛だけを選択的に気化させることができる。処理対象物体に鉛より沸点の低い金属が含まれる場合には、先にそのような金属を気化させるようにすればよい。

【0344】このように、処理対象物体である実装基板

1300から鉛を除去することができる。また、社会が抱える大量の廃電子機器などの実装基板を処理することにより、一般廃棄物として処理することができ、鉛の溶出により環境を汚染することはない。また、鉛以外の構成金属の分離も容易になり、資源として利用できる。構成樹脂も有価な油として、または炭化物として回収することができる。この炭化物は、肥料や、活性炭として利用するようにしてもよい。

【0345】ここでは、実装基板1300から鉛を除去するところまでを説明したが、さらに気密容器内の温度、圧力を調節して、処理対象物体の鉛以外の構成金属を気化させるようにしてもよい。

【0346】例えば鉛を除去した処理対象物体から、さらにハンダ合金を構成していたスズを気化させることにより、回路基板1303と電子部品1304とを分離することができる。

【0347】図26は、スズを気化させ回路基板1303と電子部品1304とが分離した様子を模式的に示す図である。

【0348】このように、鉛を除去したり、回路基板1303と電子部品1304とを分離することにより処理対象物体の有する複雑さが減少し、その後の処理が容易になる。回路基板から分離した電子部品などは、気密容器内の温度、圧力を調節して、回路基板1303、電子部品1304に含まれる、例えばAu、Ag、Pt、Bi、In、Ta、Ni、Cr、Cu、Al、W、Mo、Co、Pdなどの金属を気化させ回収するようにしてもよい。このような回収は回路基板1303と電子部品1304とを分離してから別のより蒸気圧の低い金属を回収できるような減圧加熱手段で行うほうが効率的である。

【0349】図27は各種金属の沸点（蒸気圧）圧力依存性を示す図である。この図は回収可能な金属の1例として示したものであり、図示されていない金属も回収可能することができる。図28は酸化物の生成自由エネルギーの温度依存性を示す図である。図28に示した元素は1例として示したものであり、これ以外の元素に関するデータも容易に計算ないしデータベースなどで得ることができる。図27、図28に示した関係を、図22に示した鉛の沸点（蒸気圧）と圧力との関係とともに用いて、例えば気密容器内の温度、圧力、酸素濃度を制御するようにすればよい。また、例えばこの関係をプログラムとして電子計算機に搭載し、前述した本発明の処理装置の制御手段として用いるようにしてもよい。

【0350】（実施形態13）図29は本発明の鉛と樹脂とを構成材として有する処理対象物体の鉛除去に用いる装置の1例を模式的に示す図である。装置は図29に例示した装置に限らずこれまで述べたような本発明の処理装置を用いるようにしてもよい。

【0351】この処理装置2000は熱分解炉2001

と減圧加熱炉2002とを備えている。この熱分解炉2001は酸素濃度制御装置2003と、図示しない加熱装置とを備えている。そして、図示を省略した制御部により所定の温度で所定時間保持されるように構成されている。

【0352】処理対象物体2004の加熱により構成樹脂から排出される炭化水素系ガスを含むガス状排出物はガス分解器2005でダイオキシンが分解するような高温（ここでは1200℃）で改質、熱分解され、直後に冷却塔2006で35℃まで急冷される。ダイオキシンが生成、再合成されないように冷却されたガス状排出物はアルカリ水シャワー洗浄装置等を用いて中和、洗浄し燃料ガスとして再利用することができる。

【0353】減圧加熱炉2002は真空加熱炉であり、鉛回収チャンバ2007と排気装置2008を有している。

【0354】処理対象物体は、コンベアなどの移送手段2009により熱分解炉2001、減圧加熱炉2002へと順に送られる。熱分解炉2001と減圧加熱炉2002との間には図示しないパージ室が備えられている。

【0355】これら処理対象物体の熱分解炉2001、減圧加熱炉2002における滞留時間、加熱温度、圧力、酸素濃度は図示しない制御部によりそれぞれ制御されている。

【0356】熱分解炉2001において、処理対象物体2004は例えば200℃～600℃程度の温度に昇温・保持され、処理対象物体2004の構成材の一部である樹脂成分は、熱分解してC1～C8の炭化水素ガスを含むガス状排出物として排出されガス状排出物処理系へ導入される。

【0357】つぎに、処理対象物体2004は、減圧加熱炉2002に送られ、例えば 10^{-5} Torr程度の圧力まで減圧し、温度を427℃程度にして、この状態を保持する。処理対象物体中の鉛は蒸気鉛として処理対象物体から気化する。減圧加熱炉2002の上部にはガス排出部が設けられており、処理対象物体から放出された蒸気鉛は蒸気圧の低下により金属鉛として凝縮させる。結晶化した金属鉛は、鉛回収チャンバ2005内で析出させ回収する。また、減圧加熱炉2002から蒸気鉛を効率的に鉛回収チャンバ2005に送り込むため、減圧加熱炉2002に設けたキャリアガス導入部からN₂やArなどの不活性なガスを導入し、蒸気鉛をキャリアガスとともに鉛回収チャンバ2005に送り込む。

【0358】減圧加熱炉2002を通過し鉛が除去された処理対象物体は残渣受け部2010に送られる。処理対象物体の樹脂成分はほぼ完全に炭化しており、また処理対象物体中に含まれていた鉛、亜鉛などの重金属も除去されるから、処理対象物体は無害化されており後処理は容易である。この処理対象物体にさらに別の有用金属などが含まれている場合にはこれらの金属を比重選鉱

法、電気磁石などで分別、回収するようにしてもよい。また減圧加熱手段を通過した無害で高純度の炭化物は特性の優れた活性炭、土壤改良剤として再利用することができる。

【0359】（実施形態14）次に、上記構成の処理装置2000を用いて、処理対象物体としてハンダを含む電子機器を処理した例について説明する。

【0360】処理対象物体2004である電子機器は前処理で破碎するようにしてもよいが、実装基板の処理においては破碎しないでそのまま導入するほうが好ましい。

【0361】熱分解炉2001は炉内温度約500℃～600℃程度、ほぼ無酸素状態に保持されており、電子機器を約60分間滞留させた。電子機器の構成比率の約40%を占める構成樹脂は熱分解炉2001で熱分解して炭化水素ガスを含むガス状排出物として排出され、あるいは炭化した。

【0362】また構成比率の約50%を占める鉄・銅・アルミニウム等の金属類と、構成比率の約10%を占める実装基板の構成金属には、熱分解炉2001内でほとんど気化せずまた酸化されなかった。

【0363】構成樹脂を熱分解した電子機器は、冷却されることなくパージ室を経て減圧加熱炉2002に搬送した。減圧加熱炉2002は圧力を約10⁻³Torr程度、温度約627℃程度に保持し、電子機器を約60分程度滞留させた。

【0364】電子機器の約10%を占める実装基板には、基板重量の約5～10%のハンダが合金が使用されている。また、このハンダ合金の約40wt%は鉛である。

【0365】すなわち、電子機器中には0.2～0.4%の鉛が構成材の一部として使われている。この鉛は減圧加熱炉2002で蒸発鉛として気化し、キャリアガスとともに鉛回収チャンバ2005に送り込まれ、金属鉛として回収した。

【0366】鉛の回収率を向上させるには、鉛回収チャンバ2005内部での鉛蒸気の滞留時間をできるだけ長くすることが好ましい。この例では、鉛の回収率は98%であった。回収された鉛は不純物が少なく、有価な金属として再利用が可能であった。

【0367】熱分解炉2001で熱分解して排出された炭化水素ガスは、前述したガス状排出物処理系のガス分解器2005に送り込み、1200℃程度に加熱されたコークス中で改質、熱分解され、直後に35℃まで8secで急冷される。冷却されたガス状排出物は、中和反応ろ過器であるバグフィルターで中和、ろ過され、さらに洗浄されて燃料ガスとして再利用される。この実施形態では電子機器の40%が樹脂で構成されており、樹脂の回収率は構成樹脂の成分により異なるが、重量比の約90%が燃料ガスとして再利用され、約10%が主と

して炭化物からなる残渣として残った。

【0368】また、電子機器の約50%の構成比率を占める鉄・銅・アルミニウム等の金属は、熱分解炉2001や減圧加熱炉2002で酸化されることはなく、メタル状態で回収することができるため再利用価値が高い。この例では残渣受け部30に排出された残渣は、鉄・銅・アルミニウムと樹脂の炭化物残渣が主であった。

【0369】図30は例えば図29に例示した処理装置2000の熱分解炉2001と減圧加熱炉2002との気密性と断熱性を保つ開閉可能な隔壁2101の1例を模式的に示す図である。隔壁2101はワイヤー2102と巻上機2103によって操作される。

【0370】それぞれの隔壁2101の位置に真空扉と断熱扉を別々に備えるようにしてもよい。例えば隔壁2101bを真空扉としこの扉の熱分解炉2001側と減圧加熱炉2002側に同じく開閉可能な断熱扉を配設するようにしてもよい。

【0371】（実施形態15）次に、各種電子機器、自動車、精密機器、文房具、医薬品・食料品パッケージなどをはじめ、大量に用いられている樹脂と金属を含む廃棄物（シュレッターダストを含む）を処理対象物体として取り上げその処理システムについて説明する。装置については前述した本発明の処理装置を用いるようにすればよい。

【0372】このような樹脂と金属を含む廃棄物は、分離回収が困難であることから一般に焼却、埋め立て処理されている。本発明の処理システムでは、同一装置内で、廃棄物の構成樹脂の熱分解（気化、油化、炭化）と、構成金属を気化させ金属状態で回収するものである。

【0373】本発明の処理ではまず樹脂と金属とを含む廃棄物を熱分解炉内に導入する。そして樹脂部分の回収のために酸素濃度を調節して熱分解を行う。ついで、熱分解残渣を減圧加熱炉に導入して金属の気化回収のための減圧および加熱を行う。

【0374】図31はこの処理システムで用いることのできる本発明の減圧加熱手段の1例を模式的に示す図である。気密容器2201内に樹脂と金属を含む廃棄物を收容し、気密容器内には昇温効率がよく耐熱性の高い金属などからなる投入棚2202が設けられている。2203は気密容器2201を開閉するドアである。気密容器内にはシーズヒーター等の加熱装置2204が設けられており、気密容器内の圧力、酸素濃度とともに制御盤2205により操作する。2206はセンサであり、気密容器2201内の温度、圧力、酸素濃度を信号として制御盤2205に伝達する。

【0375】気密容器2201は排気装置2208に接続されている。気密容器2201と排気装置2208との間には、廃棄物の構成金属の回収装置である金属回収系2209、2210が配設されている。金属回収装置

には例えば冷却手段を備えたサイクロン分離器を備えるようにしてもよい。

【0376】熱分解炉で熱分解した処理対象物体である廃棄物を気密容器2201内に設けられた投入棚2202に投入し、ドア2203を閉め密閉し、最初は回収系を閉じた状態で加熱(400℃)と加圧(3atm)を開始する。この場合、減圧状態での加熱よりも昇温効率がよく、後の金属回収時の減圧加熱の際の昇温効率に貢献する。

【0377】そして気密容器2201内を排気装置により 10^{-3} Torr程度の圧力まで減圧し、金属の種類に応じて合金の沸点以上に加熱し、金属を蒸発させて金属回収系2209、2210の途中に配設した凝縮手段により回収する。この場合、常圧より金属の蒸発温度が低くなるので比較的低い加熱温度でよく、また酸化されにくいので回収効率がよい。

【0378】図31に例示した減圧加熱炉では金属回収系を2系統備えているが、2系統を同時に用いるようにしてもよいし、気密容器内の温度圧力条件に対応して切り換えて用いることにより複数の金属を回収するようにしてもよい。

【0379】このように本発明の処理システムによれば、熱効率がよく処理コストが低い。また真空加熱により純度の高い金属の回収率が高い。

【0380】(実施形態16)次に、各種電子機器、自動車、精密機器などをはじめ、大量に用いられている回路基板に各種電子部品が搭載された実装基板の廃棄物を処理対象物体として取り上げその処理について説明する。装置については前述した本発明の処理装置を用いるようにすればよい。図32は、本発明の処理装置を用いた実装基板の処理スキームを模式的に示す図である。

【0381】この処理システムはIC、LSI、抵抗器、コンデンサなどの各種電子部品が搭載された実装基板から電子部品を効率的に分離回収するものである。また、回路基板、電子部品などからなる実装基板の構成樹脂、構成金属についても分離回収し資源化するシステムである。

【0382】このような実装基板の廃棄物は電子部品の回路基板からの分離が困難であり、また実装基板は異なった材料が複雑に一体化した物体であり、その処理が困難であった。このため、埋め立て処理、焼却処理などが一般的であった。

【0383】本発明においては、まず実装基板を破碎せずに熱分解炉に導入し、実装基板を熱分解する。実装基板を構成する基板や電子部品の樹脂成分は熱分解されガス状排出物を排出するとともに炭化される。電子部品のパッケージ樹脂も分解して、非常に脆くなり、パッケージ内の素子との分離が容易な状態になる。このとき、熱分解炉内の温度、酸素濃度は鉛などの重金属が気化した

り。

【0384】ガス状排出物は前述同様に処理すればよい。ガス状排出物に鉛などの重金属が含まれる場合には、例えば冷却手段などのガス状排出物処理系で凝縮させ、この凝縮物を熱分解残渣とともに減圧加熱炉に導入するようにすればよい。またガス状排出物中に塩素が含まれる場合には高温加熱した鉄に接触させて塩化鉄として回収するようにしてもよい。

【0385】このように熱分解された処理対象物体である実装基板は、減圧加熱炉に導入して、回収する金属に応じて気密容器内の温度、圧力、酸素濃度を調節して所望の金属を回収する。例えば回路基板と電子部品とを接合していた合金(例えばPb-Sn合金)を気化させる。合金はそれぞれ蒸気圧により選択的に気化させ、分離することが再資源化の観点からも好ましい。

【0386】回路基板と電子部品とを接合している合金が気化すれば、電子部品は回路基板から分離する。また、熱分解炉内で接合金属が溶融し、接合がすでに解除されている場合でも、この接合金属成分(例えば鉛、すずなど)は処理対象物体中に保持されているので、これらの金属を気化させて処理対象物体から分離回収することができる。

【0387】回路基板と電子部品とを接合している接合金だけでなく、実装基板に含まれるZn、Sb、Au、Pt、Ni、Cr、Cu、Al、Mo、W、Taなどの各種金属を気化させて分離回収するようにしてもよい。金属は酸化物にせず金属状態で回収できるので利用価値が高い。

【0388】ハンダ合金の気化の際には、昇温効率を上げるため、ハンダ合金が余り酸化しない温度(例えば約200℃)まで加熱後、排気手段により気密容器内を減圧してさらに加熱(例えば約400℃)し、回収経路の途中に設けた凝縮手段で凝縮するようにしてもよい。

【0389】このシステムによれば図26に示すように実装基板のハンダ合金は完全に除かれており、IC、LSI、抵抗器、コンデンサ等のリード端子部分のハンダも完全に除去されている。このため、電子部品を基板から分離できるだけでなく、後の回路基板、電子部品の再資源化を容易にして価値を高めることができる。

【0390】実装基板の構成樹脂は気化、炭化され、または中間生成物になり、有効活用が可能である。

【0391】減圧加熱炉の処理残渣として例えば銅と炭化物が残ったならば、例えば炭酸カルシウム溶液などで銅と炭化物とを分離し、ついでこの銅を洗浄水で洗浄するようにしてもよい。

【0392】気密容器内の真空度に応じてハンダ合金の構成金属は蒸発し、真空度が高いほど低い温度で蒸発するので、処理装置の炉壁等を痛めない。

【0393】実装基板を埋め立て処理すると、酸性雨などによりハンダ合金中のPb、Sbなどの有害金属が溶

出して土壌、河川を汚染する。また、樹脂のほとんどは自然分解せず半永久的に残り処理場の不足だけでなく、環境保全の面からも問題がある。本発明の処理システムによればこれらの問題を解決することができる。

【0394】さらに回路基板や電子部品に含まれる各種金属を分離回収し資源化することができる。これらの金属の中には資源枯渇の恐れのある金属、地殻の元素存在度が小さい希少金属も含まれている。したがってこれらの金属を回収することは、大量消費社会が直面している資源、エネルギー問題の解決に大きくしするものである。

【0395】（実施形態17）つぎに、処理対象物体として、銅箔と樹脂とが積層された回路基板を取り上げてその処理システムを説明する。

【0396】回路基板はいわゆる銅張積層板でもよいし、フレキシブ基板でも、TAB（Tape Automated Bonding）のフィルムキャリアなどでもよい。また、回路基板の製造工程で生じる、銅張積層板の切り落とし部分を処理するようにしてもよい。さらに、これまで説明してきたように、実装基板から電子部品と接合合金とを分離した回路基板を処理するようにしてもよい。

【0397】また、ここでは回路基板を取り上げて説明するが、銅と樹脂とを構成材として有する物体であれば同様に処理することができる。

【0398】実装基板からのハンダ合金、電子部品の分離については前述のとおりである。実装基板の構成樹脂の分解についても前述のとおりである。

【0399】この処理システムは、銅箔と樹脂とを効率よく分離するため、非酸化条件下で回路基板を加熱し、回路基板の構成樹脂はガス状排出物としてガス状排出物処理対象物体系で処理する。

【0400】銅箔はほぼ純金属として回収される。銅に付着した炭化物などの不純物は、必要に応じて洗浄、振動、微細砂と混合回転するなどの方法を行うようにしてもよい。装置は本発明の処理装置を用いるようにすればよい。

【0401】図33は処理対象物体である回路基板2300を模式的に示す図である。この回路基板2300は2層板であり、銅箔2301と樹脂2302とが1体的に積層されている。

【0402】回路基板2300を熱分解炉内に導入し、銅2301が酸化されないように熱分解炉内の温度、酸素濃度を調節して樹脂2302を熱分解（気化、油化、炭化）する。樹脂2302の分解生成ガスを含むガス状排出物はガス状排出物処理系で処理され、無害化、クリーンな燃料ガス化される。

【0403】図34は構成樹脂を熱分解した後の回路基板2300を模式的に示す図である。樹脂の多くは炭化物として存在している。

【0404】この状態で炭化した樹脂2302を機械的に分離するようにしてもよいが、本発明においては、主として金属銅と炭化物からなる回路基板の熱分解残渣を、減圧加熱炉に導入し、気密容器内の圧力ないしは酸素濃度を調節しながら、温度を銅の融点より数十度高い温度まで加熱して、銅を酸化、気化しないよう溶融させる。液体状態の銅2301は表面自由エネルギー（表面張力）により粒状の銅2301bになる（図35）。この状態で冷却すれば、銅の分離回収はさらに容易である。例えば760 Torrでの銅の融点は1080℃であるが、気密容器内の温度を例えば1150℃程度（760 Torrの場合）に加熱することにより、銅を粒状に集めることができる。

【0405】このように減圧下もしくは非酸化雰囲気中で回路基板を加熱することにより、銅箔は殆ど酸化されることなく回収することができる。なお、必要に応じて表面に付着した炭化物等の不純物は、洗浄等により除去するようにしてもよい。

【0406】このように本発明の処理システムによれば、樹脂と銅とが一体化した物体から銅を金属状態で分離回収することができる。また、樹脂も油、炭化物として回収することができる。

【0407】（実施形態18）つぎに、処理対象物体として、アルミニウム箔と樹脂とが積層された樹脂被覆アルミニウム箔を取り上げてその処理システムを説明する。

【0408】このような樹脂被覆アルミニウム箔は、例えばポテトチップスの袋やカレーなどレトルト食品の包装容器をはじめ、食品、医薬品の包装容器、断熱材などに幅広く用いられている。

【0409】このような樹脂被覆アルミニウム箔は樹脂とアルミニウム箔とが一体化していることから処理が困難であり、埋め立てや焼却により処理されている。焼却処理するとアルミニウムは酸化物になり、資源としての価値が著しく低下する。

【0410】アルミニウムの精練には莫大なエネルギーが投入されており、再資源化しないのはエネルギーの浪費である。

【0411】本発明は、樹脂被覆アルミニウム箔を熱分解炉内で酸素濃度を調節しながら加熱することにより、アルミニウムの酸化状態を保持したまま構成樹脂を熱分解するものである。

【0412】すなわち、アルミニウム箔と樹脂とを効率よく分離するため、減圧条件下または非酸化条件下で樹脂被覆アルミニウム箔を加熱し、ガス状排出物は前述同様に処理する。アルミニウム箔はほぼ純金属として回収される。アルミニウムに付着した炭化物などの不純物は、必要に応じて洗浄、振動、微細砂と混合回転するなどの方法を行うようにしてもよい。

【0413】また、このアルミニウム箔に例えば亜鉛な

ど他の金属が含まれている場合には、さらに減圧加熱炉に導入して減圧加熱して選択的に気化させ、分離回収するようにすればよい。

【0414】図36は樹脂被覆アルミニウム箔2600を模式的に示す図である。樹脂2601とアルミニウム箔2602とが一体化している。

【0415】まず処理対象物体である樹脂被覆アルミニウム箔2600を本発明の処理装置の熱分解炉へ導入し、温度・圧力条件を制御しながら樹脂被覆アルミニウム箔2600を400～650℃に加熱して熱分解する。

【0416】400℃より低温では構成樹脂の分解が不十分で、650℃より高温ではアルミ箔が溶融するのでこのような温度範囲を定めた。

【0417】図37は構成樹脂2601を分解した後の樹脂被覆アルミニウム箔の様子を模式的に示す図であり、金属状態のアルミニウム箔2601に、樹脂分解生成物である炭化物2602bが付着している状態である。この状態では、炭化物2602bは触っただけで容易にアルミニウム箔から剥離する。したがって容易にアルミニウム箔を金属状態で回収することができる(図38参照)。一般的に樹脂被覆アルミニウム箔の構成樹脂は熱可塑性樹脂であり、大くの部分をガス状排出物として処理し、燃料ガス化することができる。構成樹脂の炭化物は容易にアルミニウム箔と分離できた。また、アルミニウムはその金属性を保持していた。

【0418】このように樹脂被覆アルミニウム箔を非酸化雰囲気中で加熱することにより、アルミニウムは殆ど酸化されることなく回収することができる。なお、必要に応じて表面に付着した炭化物等の不純物は、洗浄等により除去するようにしてもよい。

【0419】

【発明の効果】以上説明したように本発明の処理装置、処理方法は、樹脂と金属を含む処理対象物体を安全かつ効率的に処理することができる。本発明によれば、家庭電気製品、自動車、精密機器等を、有害物質を環境中に放出させず、かつ、有害物質を無害化し、または分離回収することができる。また本発明は有害物質およびその発生源物質を含み、燃焼させるとダイオキシン類の有害物質を生成する廃棄物のような処理対象物体から、自然環境破壊を防止し、かつ、再利用可能な物質を高純度状態で回収できる。本発明は処理対象物体から排出させたガス状排出物をダイオキシンが分解するような高温で改質、熱分解し、この状態からダイオキシンが生成、再合成される温度領域での滞留時間をできるだけ短くして、ダイオキシンが生成、再合成されない第3の温度まで急冷することにより、ガス状排出物中のダイオキシン濃度を大きく低減することができる。また、第1の熱分解、第2の熱分解または改質を第1の温度と第2の温度の2段階で処理すると同時にこれらを還元性雰囲気で行うこ

とにより、ダイオキシンの発生源濃度は大幅に低減し、ガス状排出物中のダイオキシン濃度を大きく低減することができる。

【0420】本発明によればシュレッダーダストなどのような樹脂と金属とを含み、また重金属、ダイオキシンの発生源を含有する処理の困難な廃棄物から、ダイオキシンなどの有害物質を発生させることなく樹脂成分はクリーンなガス燃料化し、また鉛、ひ素、カドミウムなどの有害な重金属を環境中に放出することなく高純度で回収することができる。

【0421】本発明によれば、実装基板のような処理の困難な廃棄物を有害物質を放出させず、かつ、有害物質を除去し、また、人手によらず容易に回路基板と各種ICや抵抗器、コンデンサー等の電子部品とに分離することができる。同時に、鉛などの重金属やその他の金属を気化させて高純度の金属状態で回収することができる。また回路基板などを構成する金属や銅を高純度で回収できる。樹脂部は炭化して、活性炭、土壌の有効成分に活用できる等かくてきに再資源化を図ることができる。

また本発明の処理装置、処理方法は、鉛を含む物体から、鉛を気化させて除去することができる。また、鉛と樹脂とを含む物体からも鉛を除去することができる。樹脂は炭化物、燃料ガス化して回収することができる。鉛を除去することにより、環境汚染を防止して健康への悪影響を防止することができる。また、廃棄物処理場の不足を解消することができる。

【0422】また本発明の処理装置、処理方法は樹脂と金属とを含む物体からも金属を気化させ、金属状態で回収することができる。樹脂は炭化物、燃料ガス化して回収することができる。

【0423】また本発明の処理装置、処理方法は金属で接合された物体の接合金属を気化させ、接合金属を除去することができる。また合金で接合された物体の接合金を気化させ、接合金属を除去することができる。物体が樹脂を含む場合にも、樹脂は炭化物、燃料ガス化して回収することができる。

【0424】また本発明の処理装置、処理方法はハンダ合金で接合された物体のハンダ合金の構成金属を気化させ、接合金属を除去することができる。ハンダ合金が有害な鉛を含む場合でも、鉛などの重金属を高純度、高収率で分離回収することができる。

【0425】また本発明の処理装置、処理方法は回路基板に電子部品が搭載された実装基板を処理して、効果的に回路基板に電子部品とを分離することができる。回路基板に電子部品との接合に鉛を含むハンダ合金が使用されている場合でも、効果的に分離するとともに、有害な鉛を回収することができる。実装基板の構成樹脂は炭化物、燃料ガス化して回収することができる。

【0426】また本発明の処理装置、処理方法は、金属と樹脂とを構成材として有する物体を効果的、経済的に

処理できる。金属はほぼ金属状態のまま回収することができる。また樹脂は炭化物として、またはクリーンな燃料ガスとして利用することができる。また、本発明は樹脂と複数の金属とが一体化した物体から樹脂成分と金属とを効果的に分離することができる。

【0427】また本発明の処理装置、処理システム、処理方法は、樹脂と銅とが一体化した物体から、銅を金属状態で容易に回収することができる。樹脂は炭化物として、またはクリーンな燃料ガスとして利用することができる。

【0428】また本発明の処理装置、処理システム、処理方法は、樹脂とアルミニウムとが一体化した物体から、アルミニウムを金属状態で容易に回収することができる。樹脂から回収した燃料ガスは、処理装置の加熱手段としても用いることができる。またこの燃料ガスで発電し、本発明の処理装置を稼働したり発電することにより処理装置の運転コストを大幅に低減することができる。また、炭化物は活性炭、肥料などとして優れている。

【0429】また本発明の処理装置、処理方法はエネルギー効率がよいので、より幅広い範疇の物体を処理して価値を高め再資源化を図ることができる。すなわち、本発明の処理装置、処理方法は、樹脂と金属、基板と電子部品、金属と金属のように複雑に一体化した処理対象物体を安全かつ効果的に処理して再資源化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の処理装置の1例を概略的に示す図。

【図2】図1に例示した本発明の処理装置の構成を模式的に示す図。

【図3】熱分解炉の構造の1例を模式的に示す図。

【図4】ガス分解器の構造の1例を模式的に示す図。

【図5】冷却塔の構造の1例を模式的に示す図。

【図6】冷却塔の後段にバグフィルターを接続したガス状排出物処理系の構成の一部を示す図。

【図7】本発明の処理装置の別の1例を概略的に示す図。

【図8】図7に例示した本発明の処理装置の構成を模式的に示す図。

【図9】本発明の処理方法を廃棄物処理に適用した例を模式的に示す図。

【図10】シュレッダー装置の構成の1例を概略的に模式的に示す図。

【図11】本発明の処理装置の1例を概略的に示す斜視図。

【図12】図1に例示した本発明の処理装置を模式的に示す図。

【図13】本発明の処理装置の別の1例を概略的に示す図。

【図14】本発明の処理装置の別の1例を模式的に示す図。

【図15】本発明の処理装置の別の1例を模式的に示す図。

【図16】本発明の処理装置の別の1例を模式的に示す図。

【図17】本発明の処理装置の温度、圧力、酸素濃度を調節する制御系の構成を模式的に示す図。

【図18】本発明の処理装置の別の1例を模式的に示す図。

【図19】本発明の処理装置に接続した、回収室を含む回収系を模式的に示す図。

【図20】回収チャンバの構造の1例を概略的に示す図。

【図21】回収チャンバの構造の1例を概略的に示す図。

【図22】鉛の沸点（蒸気圧）の温度依存性を示すグラフ。

【図23】処理対象物体である実装基板の処理前の様子を模式的に示す図。

【図24】構成樹脂が分解された実装基板の様子を模式的に示す図。

【図25】鉛が気化する様子を模式的に示す図。

【図26】回路基板と電子部品とが分離した様子を模式的に示す図。

【図27】各種金属の沸点（蒸気圧）の圧力依存性を示すグラフ。

【図28】各種酸化物の生成自由エネルギーとその温度依存性を示すグラフ。

【図29】本発明の処理装置の1例を模式的に示す図。

【図30】本発明の処理装置の隔壁を模式的に示す図。

【図31】本発明の処理装置の1例を模式的に示す図。

【図32】本発明の処理装置を用いた実装基板の処理スキームを模式的に示す図。

【図33】処理対象物体である回路基板の処理前の様子を模式的に示す図。

【図34】構成樹脂が分解された回路基板の様子を模式的に示す図。

【図35】表面張力により銅が粒状に集まる様子を模式的に示す図。

【図36】処理対象物体である樹脂被覆アルミニウム箔の処理前の様子を模式的に示した図。

【図37】構成樹脂が分解された樹脂被覆アルミニウム箔の様子を模式的に示す図。

【図38】樹脂被覆アルミニウム箔から分離されたアルミニウム箔を模式的に示す図。

【符号の説明】

10……処理装置

炉

25……シュレッダー

分解器

40……冷却塔

20……熱分解

炉

30……ガス分

解器

50……減圧加

熱炉

51……パージ室

気密室

53……冷却室

応ろ過器

54a, 54b, 54c, 54d……隔壁

55……排気系

チャンバ

100……減圧加熱装置

ジ室

102……第1の気密室

の気密室

104……冷却室

106……排気系

ツブ

108……キャリアガス導入弁

ヒータ

110……排気系

チャンバ

112……キャリアガス導入弁

ヒータ

114……排気系

チャンバ

116……排気系

リアガス導入弁

52……第1の

70……中和反

60……回収チ

101……パー

103……第2

105……扉

107……トラ

109……電熱

111……回収

113……電熱

115……回収

117……キャ

118……トラップ

シャー

131……ドローワー

対象物体

200……制御盤

センサ

202……圧力センサ

濃度センサ

204……キャリアガスリザバ

10 1300……実装基板

箔

1302……樹脂

路基板

1304……電子部品

パッケージ樹脂

1306……リード端子

b-Sn系ハンダ合金

1308……鉛

2300……回路基板

箔

2302……樹脂

脂被覆アルミニウム箔

2601……アルミニウム

脂

130……ブツ

150……処理

201……温度

203……酸素

1301……銅

1303……回

1305……パ

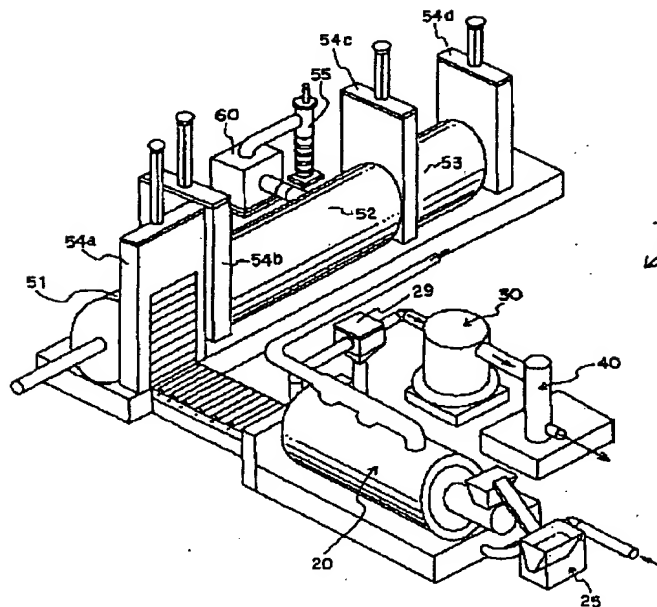
1307……P

2301……銅

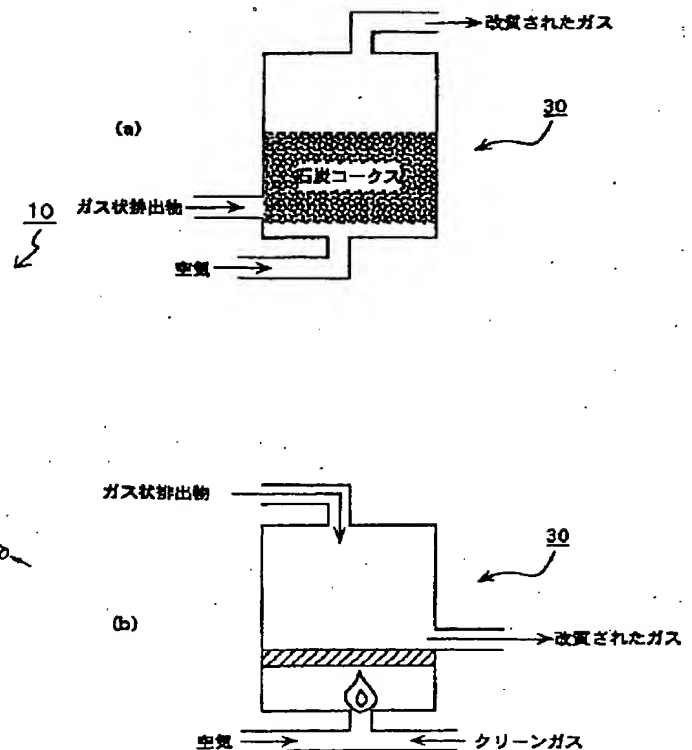
2600……樹

2602……樹

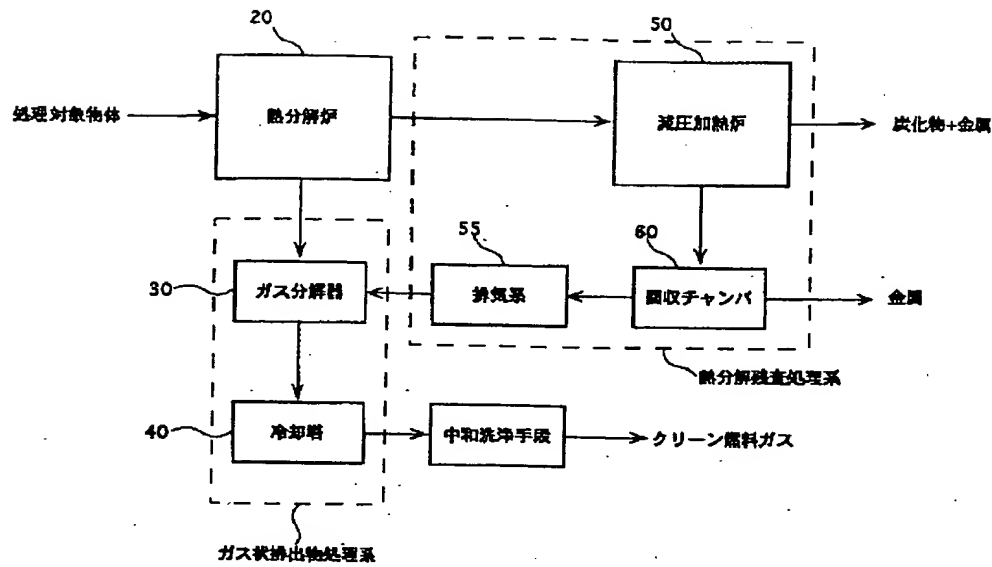
【図1】



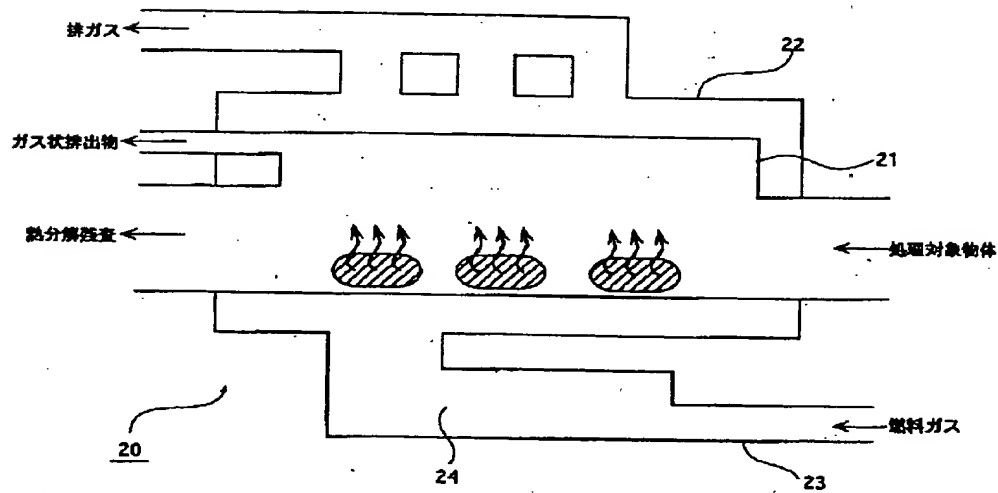
【図4】



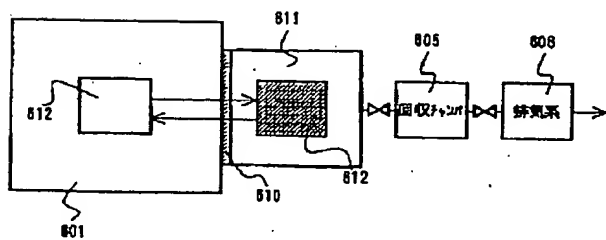
【図2】



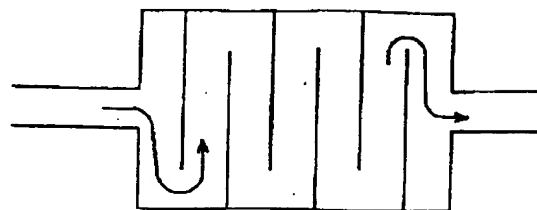
【図3】



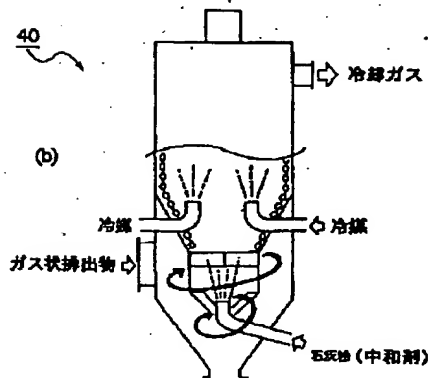
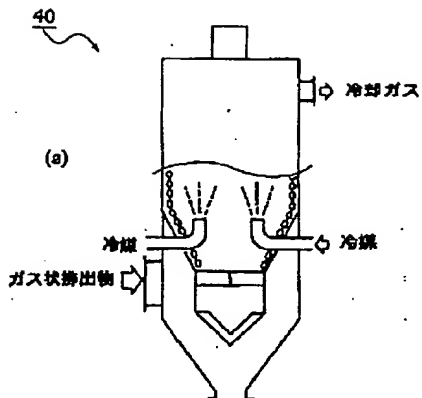
【図18】



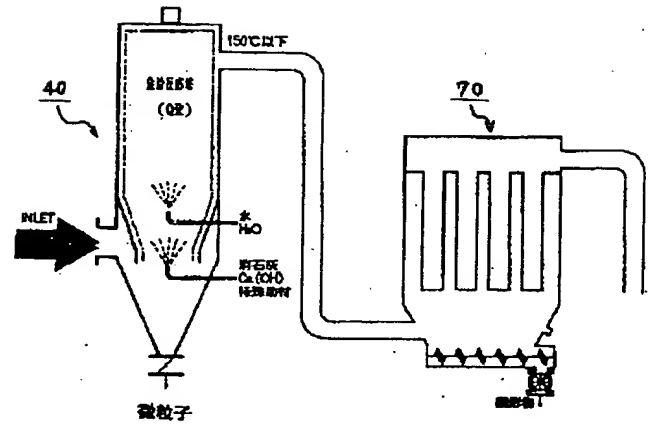
【図20】



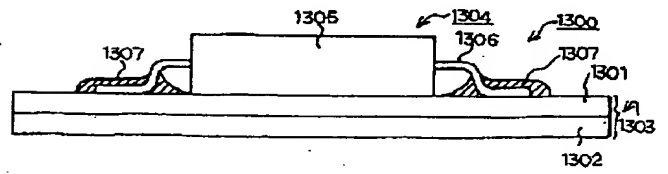
【図5】



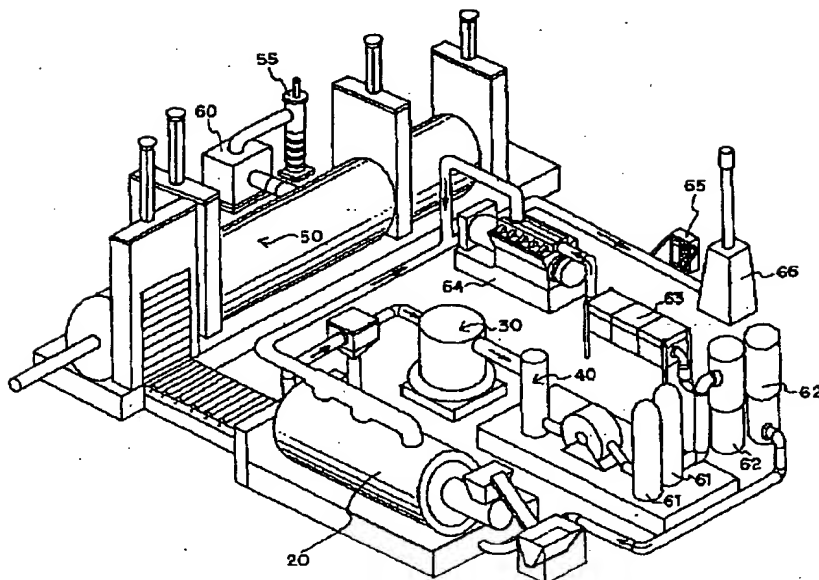
【図6】



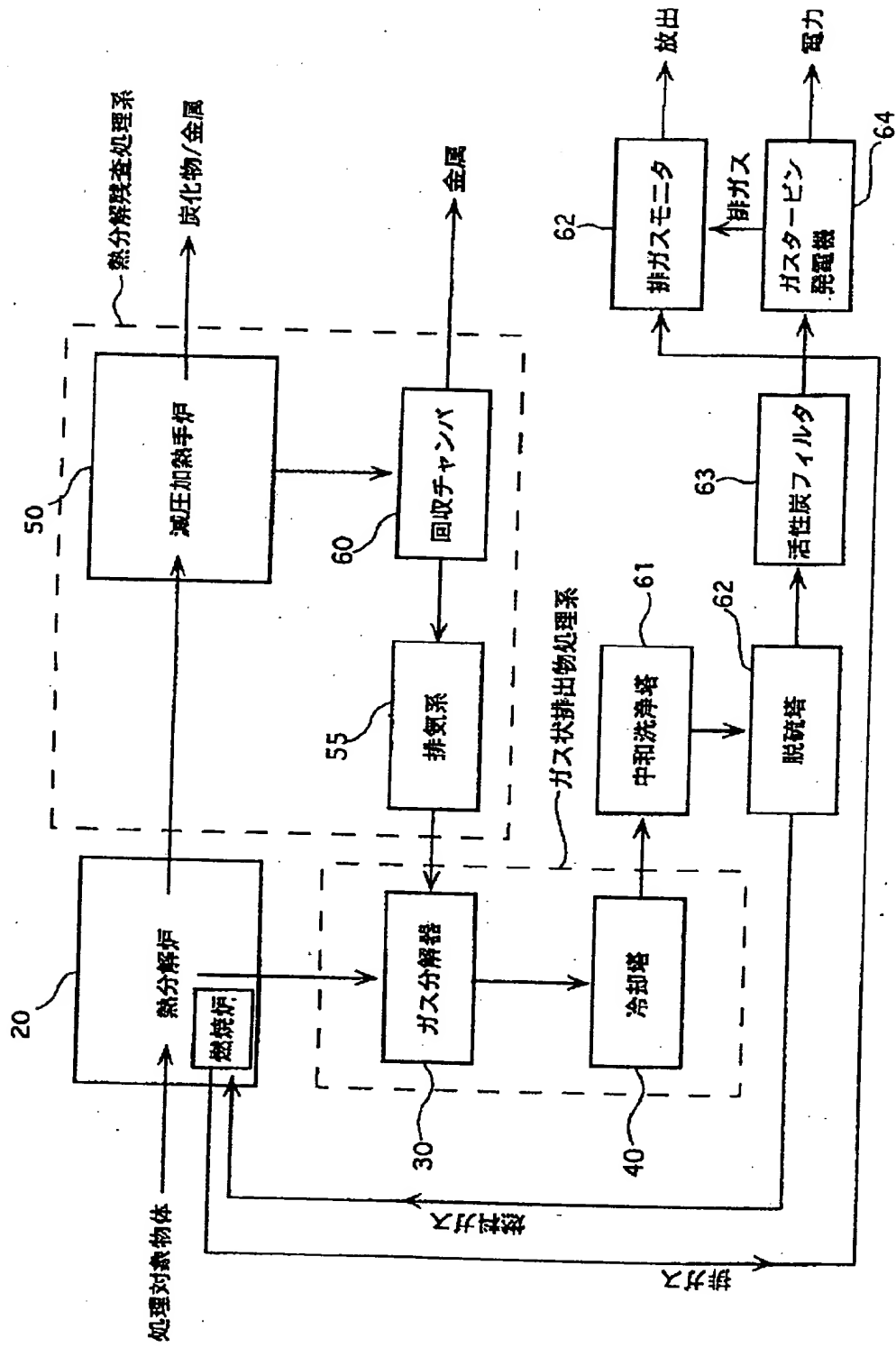
【図23】



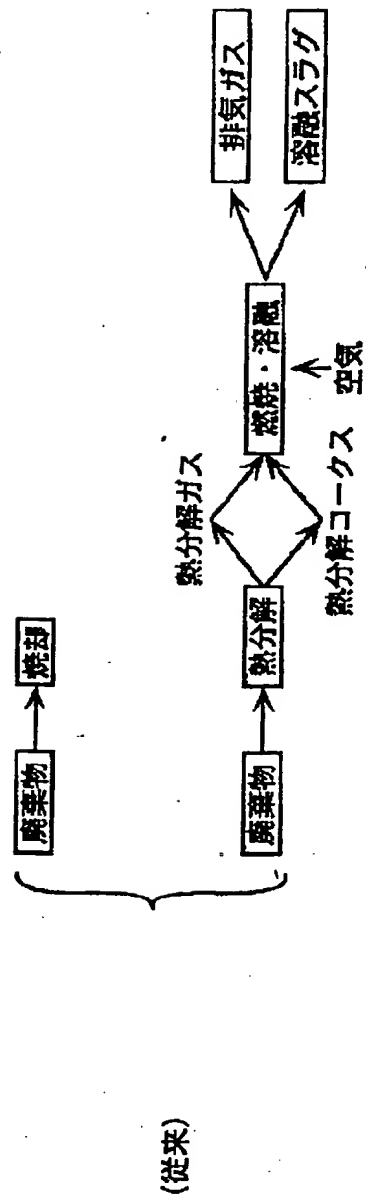
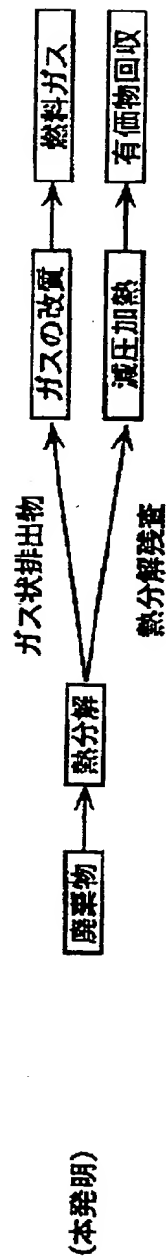
【図7】



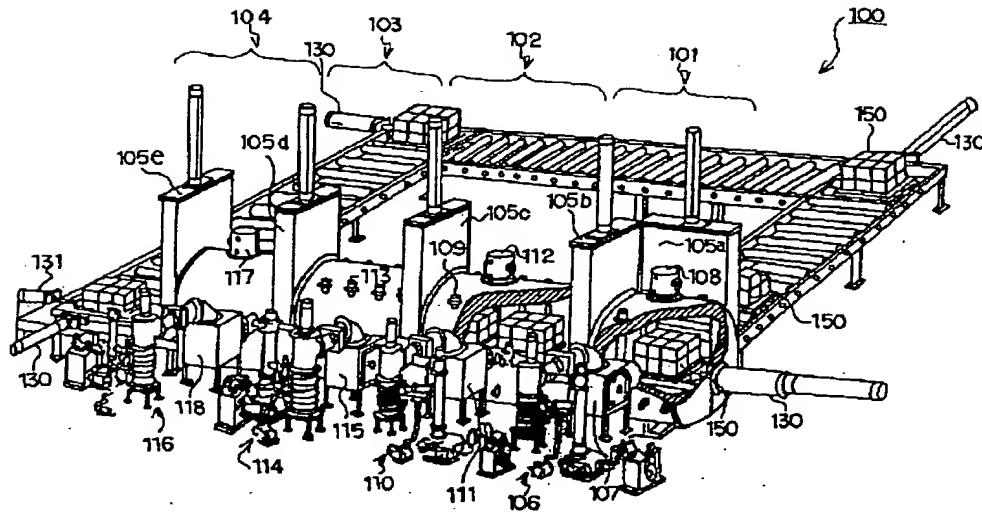
【図8】



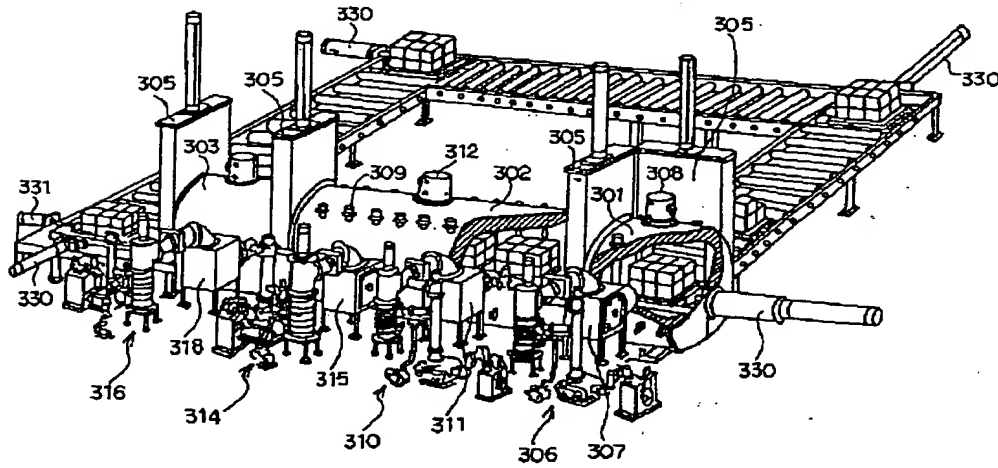
【図9】



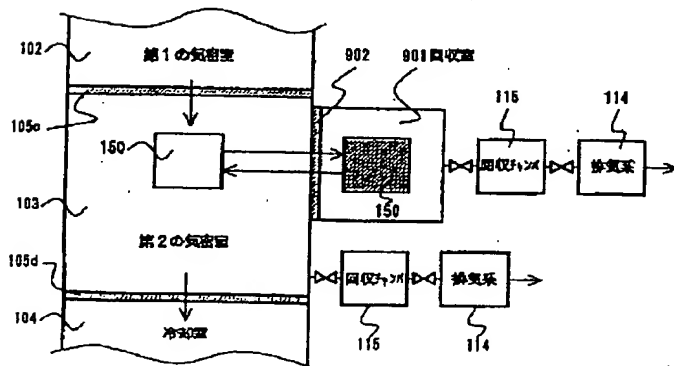
【図11】



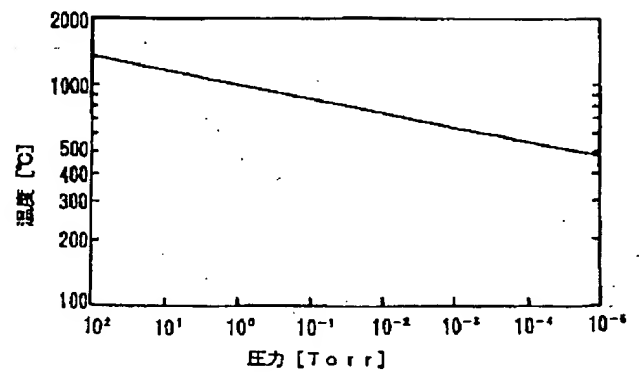
【図13】



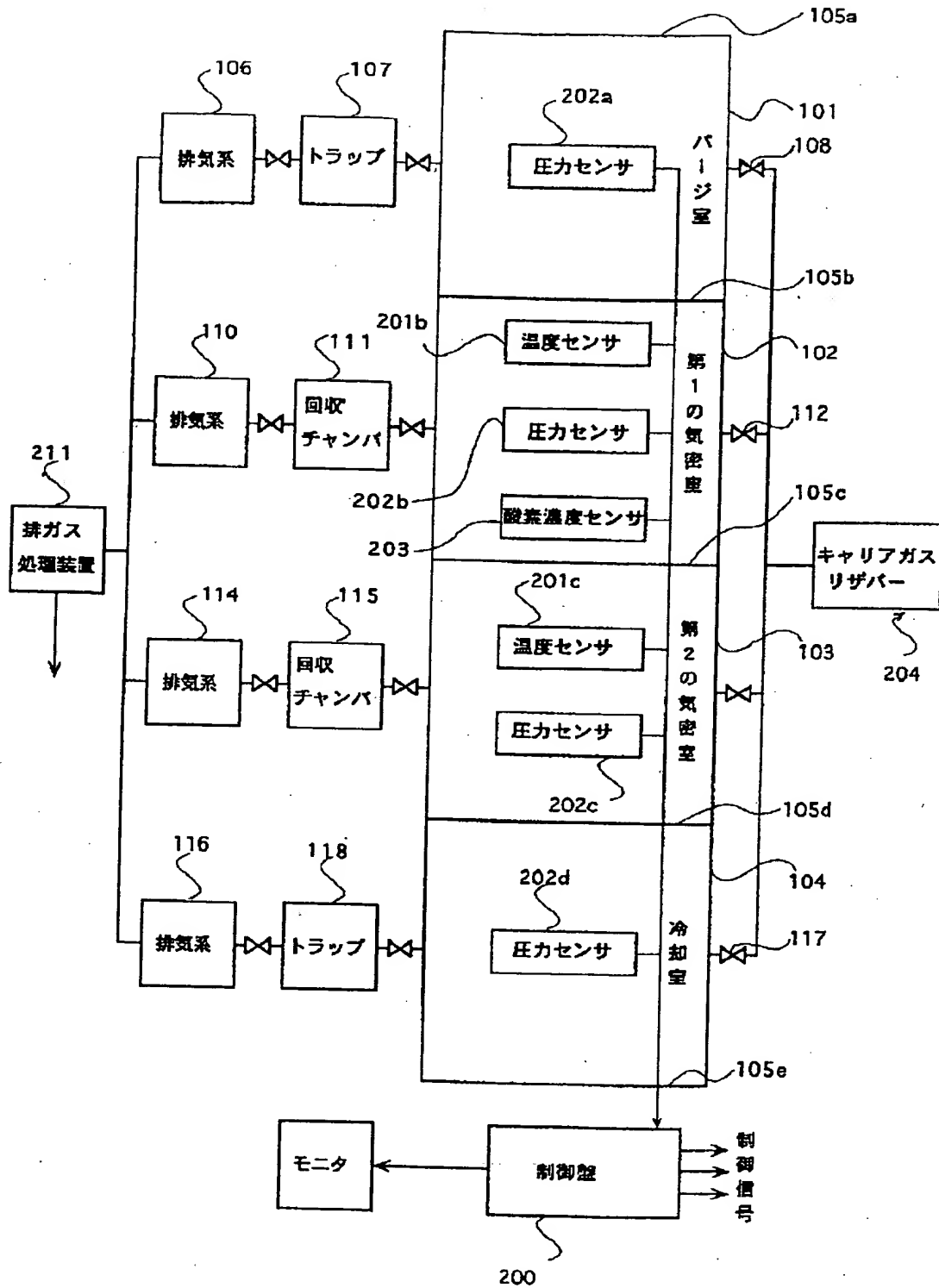
【図19】



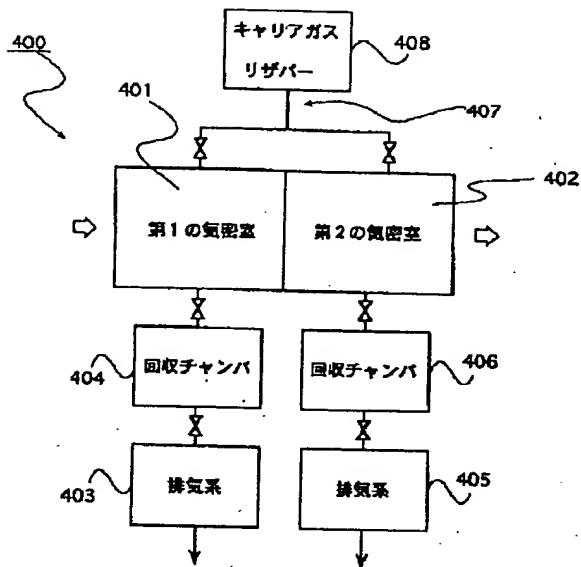
【図22】



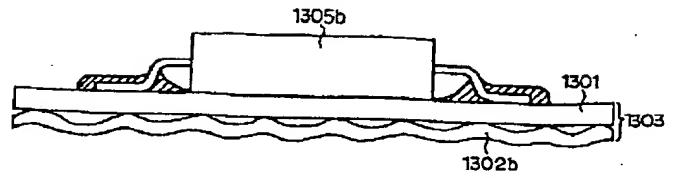
【図12】



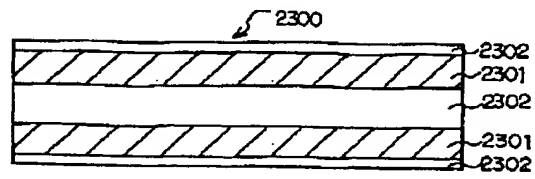
【図14】



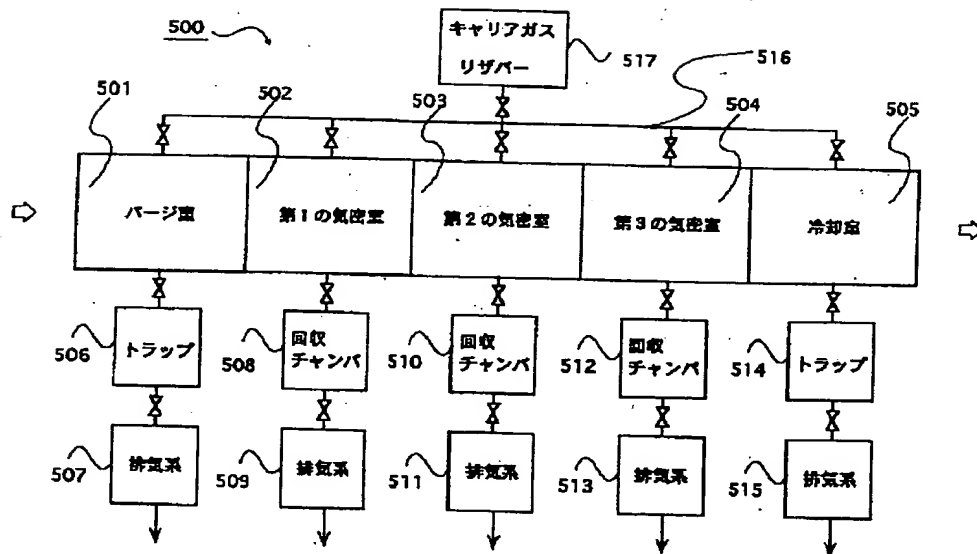
【図24】



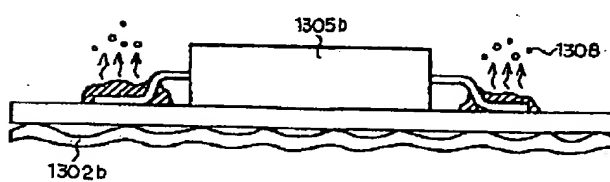
【図33】



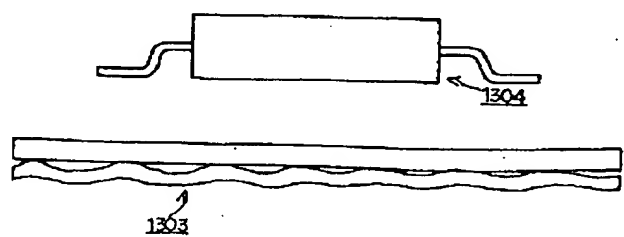
【図15】



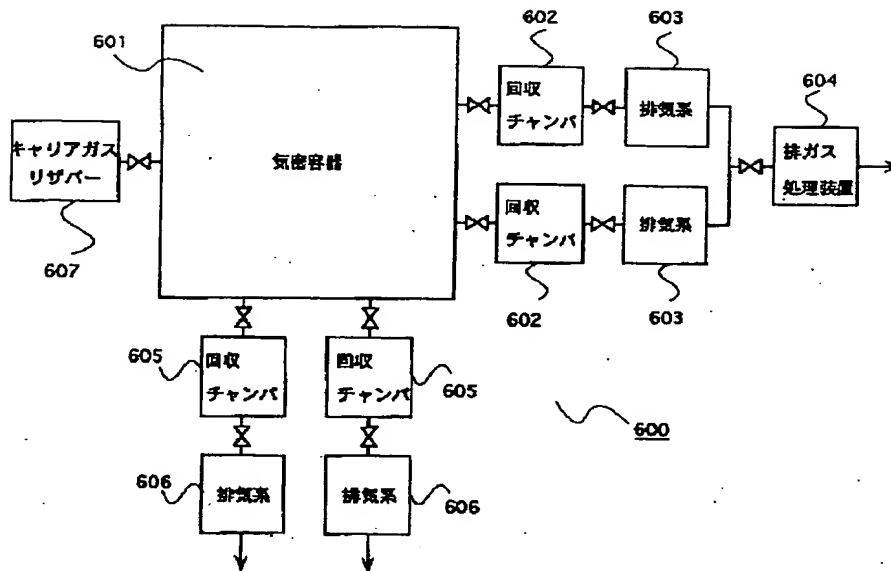
【図25】



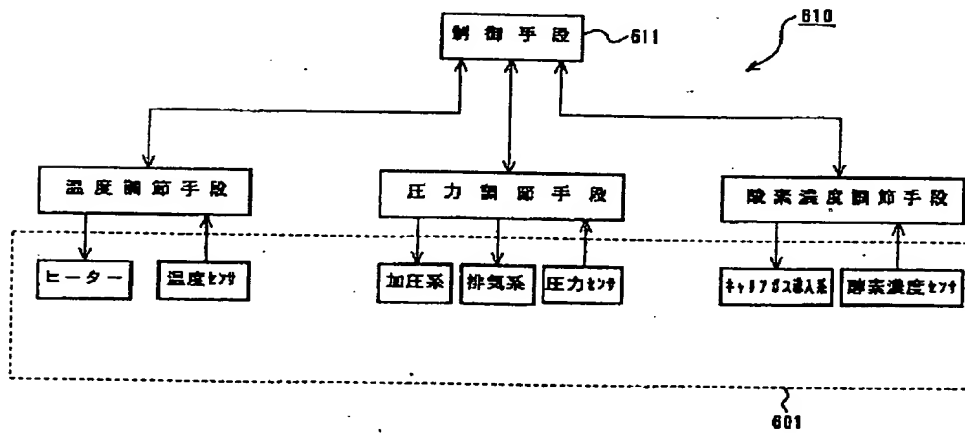
【図26】



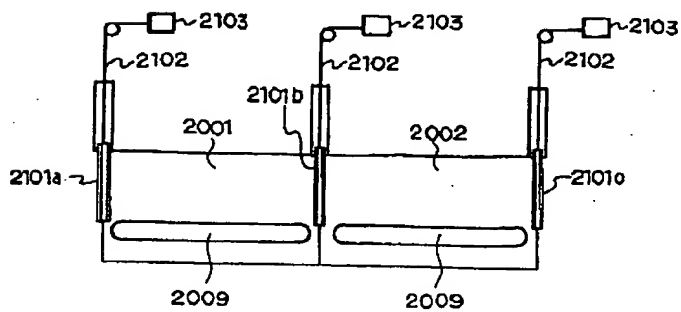
【図16】



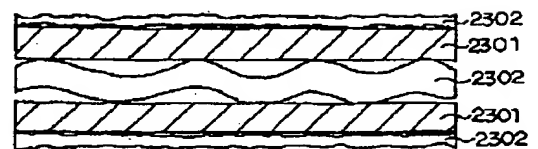
【図17】



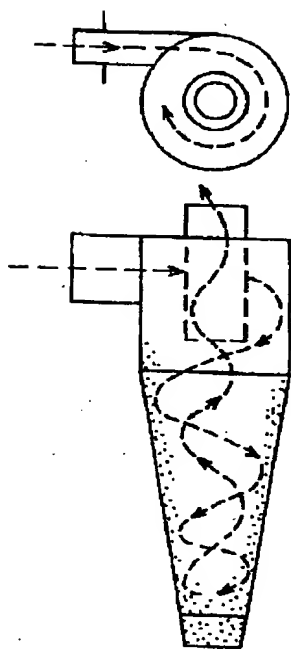
【図30】



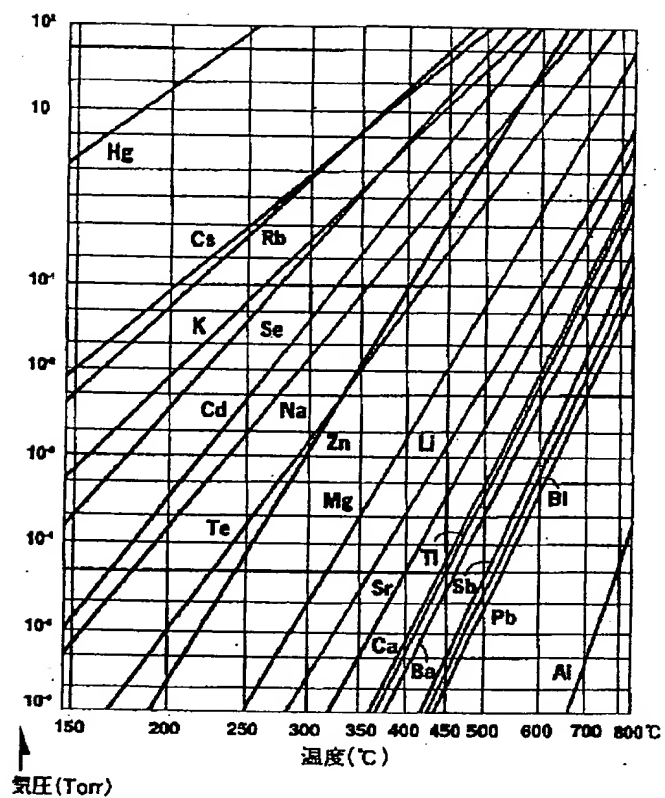
【図34】



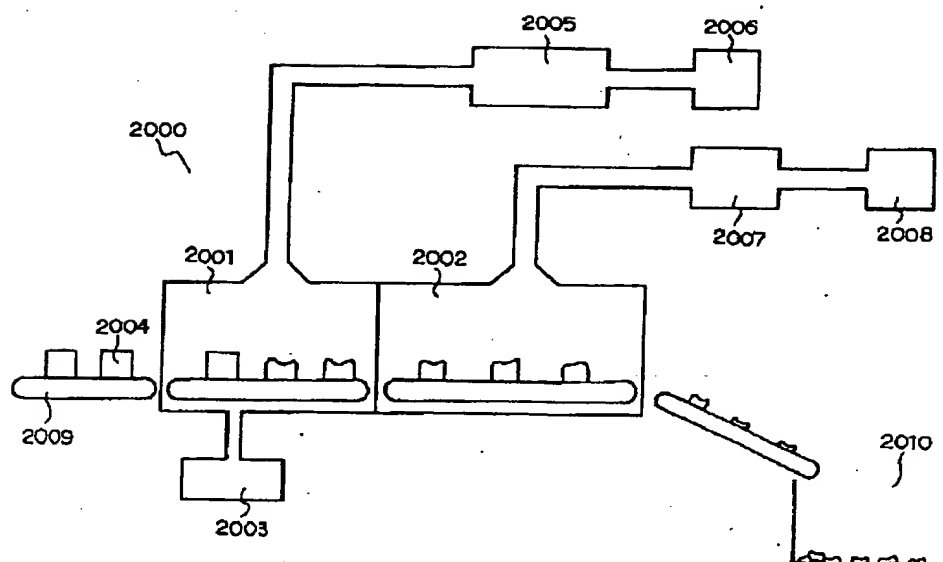
【図21】



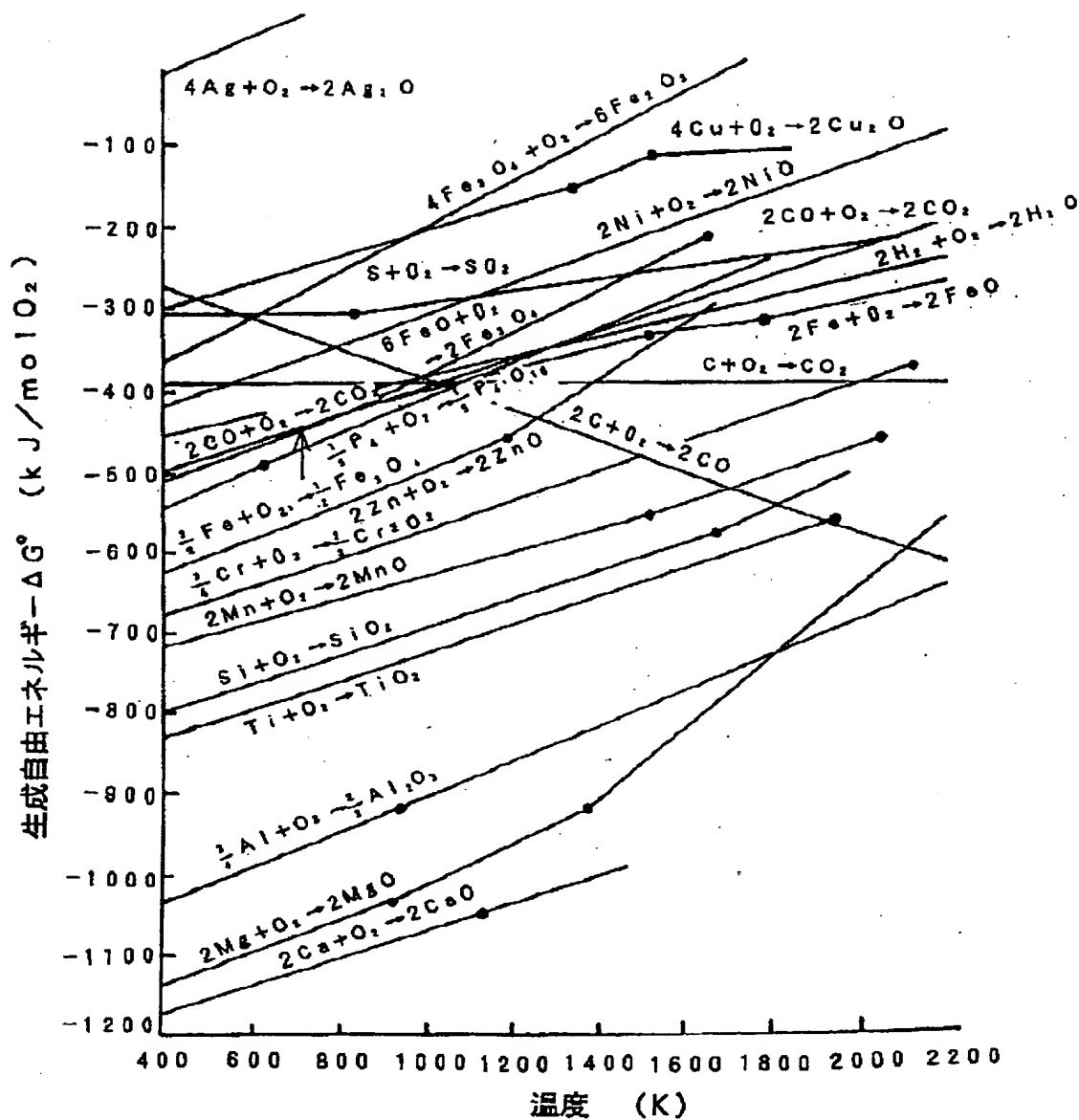
【図27】



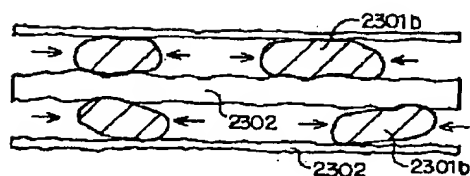
【図29】



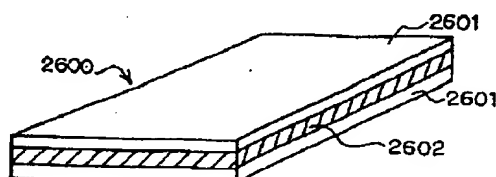
【図28】



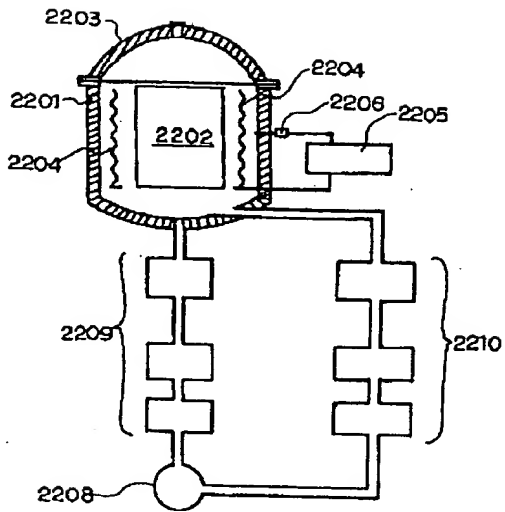
【図35】



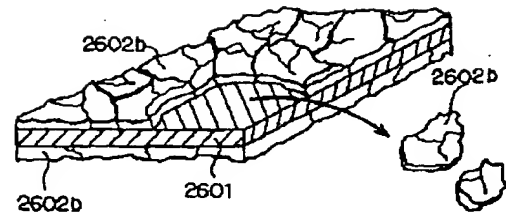
【図36】



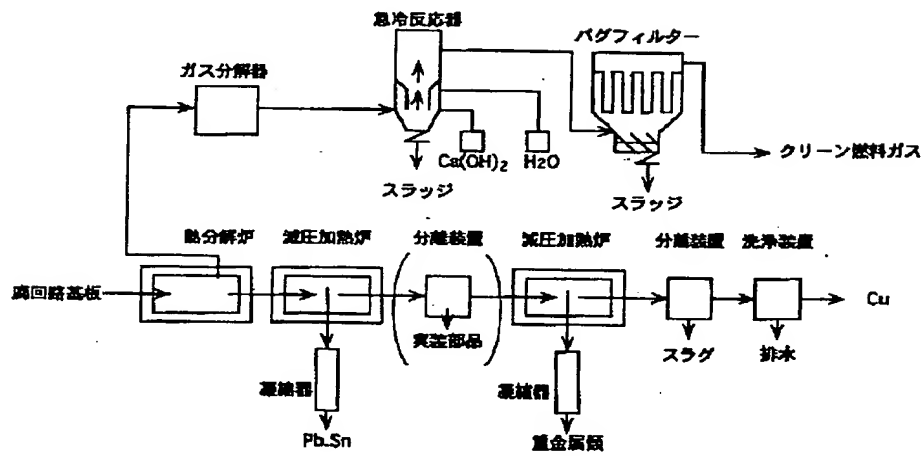
【図31】



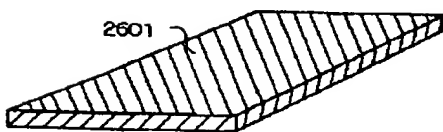
【図37】



【図32】



【図38】



フロントページの続き

- (72) 発明者 親里 直彦
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内
- (72) 発明者 古屋 富明
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
式会社東芝横浜事業所内

- (72) 発明者 横山 芳昭
群馬県太田市高林寿町1807-1 オギハ
ラ・エコロジー株式会社内
- (72) 発明者 荻原 映久
群馬県太田市高林寿町1807-1 オギハ
ラ・エコロジー株式会社内
- (72) 発明者 荻原 嘉一郎
群馬県太田市高林寿町1807-1 オギハ
ラ・エコロジー株式会社内